

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



①9 **BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

⑫ **Offenlegungsschrift
DE 199 04 117 A 1**

⑤1 Int. Cl.⁶:
B 23 B 39/00
B 23 B 35/00
B 23 Q 15/007

②1 Aktenzeichen: 199 04 117.2
②2 Anmeldetag: 2. 2. 99
④3 Offenlegungstag: 5. 8. 99

DE 199 04 117 A 1

③0 Unionspriorität:
10-021295 02. 02. 98 JP

⑦1 Anmelder:
Toshiba Kikai K.K., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:
Patentanwälte Reichel und Reichel, 60322 Frankfurt

⑦2 Erfinder:
Momochi, Takeshi, Numazu, Shizuoka, JP;
Sugiyama, Haruhito, Gotemba, Shizuoka, JP;
Shiozaki, Masahito, Niigata, JP; Matumoto, Michio,
Numazu, Shizuoka, JP; Sagara, Makoto, Mishima,
Shizuoka, JP

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

⑤4 **Steuervorrichtung für Bohrmaschine und Bohrverfahren**

⑤7 Eine Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine und ein Bohrverfahren, das schnell für das Bohren mit Bohrern verschiedenen Durchmessers, insbesondere Bohrern eines kleinen Durchmessers, anpaßbar ist und die Schneideffizienz verbessern kann. Die Steuervorrichtung weist eine Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung zur Festlegung der Schneidbedingungen entsprechend der Tiefe des bearbeiteten Lochs und eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Drehgeschwindigkeit und der Bewegungsposition des Bohrers auf. Die Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung definiert die Bereiche Anfangsbereich, Innenbereich und Durchbohrungsbereich in der Richtung von der Seite des Werkstücks nahe dem Bohrer zu der Richtung der Lochachse entsprechend der Tiefe des Lochs beim Bohren eines Durchgangslochs.

DE 199 04 117 A 1

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine und ein Bohrverfahren, insbesondere eine Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine und ein Bohrverfahren, das für Bohrer verschiedener Durchmesser anwendbar und besonders geeignet zum Bohren mit Bohrern kleinen Durchmessers ist.

Ein Werkstück wird mittels einer numerisch gesteuerten NC-Maschine gebohrt, indem ein Bohrer an einer Spindel der Maschine angebracht und in einer vorbestimmten Richtung in bezug auf das auf einem Tisch befestigte Werkstück bewegt wird, wobei die Spindel rotieren gelassen wird.

Ein "Bohrer" ist ein Schneidwerkzeug, das an seiner Spitze schneiden und in seinem Körper Spannuten zum Schneiden eines Loches aufweist. Die Fig. 1A und 1B zeigen ein Beispiel für ein konventionelles Verfahren zum Bohren eines Werkstücks. Wie in Fig. 1A gezeigt, ist ein Zentrierbohrer 102 an einer Spindel eines Bearbeitungszentrums oder einer anderen NC-Werkzeugmaschine befestigt bzw. montiert. Der Zentrierbohrer 102 wird auf das Werkstück W, das eine Dicke H aufweist, abgesenkt, wobei er mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit rotiert, um ein vorgearbeitetes Loch 103 in dem Werkstück B zu bilden. Dieses vorgearbeitete Loch 103 erleichtert den Beginn des Bohrens des Werkstücks W mit dem Bohrer 104 für die Hauptbohrung.

Als Nächstes wird der Zentrierbohrer 102 von der Spindel entfernt. Wie in Fig. 1B gezeigt wird der Bohrer 104 für die Hauptbohrung an der Spindel befestigt, mit einer vorbestimmten Geschwindigkeit gedreht und mit einer vorbestimmten Vorschubgeschwindigkeit auf das Werkstück B abgesenkt, um ein Loch 105 durch das in dem vorherigen Schritt gebildete vorgearbeitete Loch 103 zu schneiden.

Dabei wird das Loch 105 von dem Bohrer 104 geschnitten, indem wiederholt der Bohrer 104 auf das Werkstück W abgesenkt wird, um in es um eine Schnitttiefe S zu schneiden, der Bohrer 104 aus dem Loch 105 bewegt wird und wieder mit einer Schnitttiefe S geschnitten wird. Als Ergebnis der obigen Arbeitsschritte wird ein Loch 105 gebildet, das durch das Werkstück W der Dicke H führt. Man beachte, daß das wiederholte Schneiden mit einer Schnitttiefe S der Entfernung von Spänen aus dem Loch 105 dient.

Das obige Bohrverfahren wird dadurch ausgeführt, daß eine die NC-Werkzeugmaschine steuernde NC-Vorrichtung ein NC-Programm ausführt, das die Geschwindigkeit der Spindel, die Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden, die Schnitttiefe S, die Tiefe des Lochs 105 und andere Faktoren festlegt.

Bei dem obigen konventionellen Bohrverfahren muß jedoch ein NC-Programm, das die Schnitttiefe und die Bohrlochtiefe festlegt, für jeden verschiedenen Bohrvorgang erstellt werden. Wenn mehrere verschiedene Löcher gebohrt werden sollen, fällt daher lästige Arbeit an und es ist notwendig, daß NC-Programm zu ändern, um die Schneidbedingungen zu verändern.

Es ist zu beachten, daß das obige Bohrverfahren zur Bildung von Löchern mit einem großen Durchmesser, z. B. einem Durchmesser größer als 0,5 mm, ausgelegt wurde. Daher treten verschiedene Probleme auf, wenn das obige Bohrverfahren mit Kleinbohrern mit einem Durchmesser von weniger als 0,5 mm, wie sie sind, angewendet wird.

Das heißt, daß beim Bohren mit einem Kleinbohrer dieser manchmal auf Grund der Wechselwirkung zwischen dem kleinen Bohrer und dem Loch abbricht, wenn wiederholt eine Schnitttiefe S geschnitten wird.

Wenn ein Durchgangsloch durch ein Werkstück W mit einem Kleinbohrer gebohrt wird, verschiebt sich weiterhin

manchmal leicht der Kleinbohrer von der Lochmitte weg und bricht ab, wenn er durch das Werkstück W durchtritt bzw. durch es durchbricht.

Weiterhin wird bei Benutzung eines Kleinbohrers, um ein Loch durch ein Werkstück W zu bohren, das obige vorgearbeitete Loch 103 nicht in dem Werkstück W gebildet, d. h., das Loch wird mit einem einzigen Kleinbohrer gebohrt, so daß die Gefahr besteht, das der Bohrbeginn mit dem Kleinbohrer in dem Werkstück W schlecht ist.

Wenn das Material des Werkstücks W rostfreier Stahl oder ein anderer wärmebeständiger Stahl ist, wird weiter bei dem Schneiden des Werkstücks W der Kleinbohrer erhitzt. Dieses Erhitzen macht den Kleinbohrer empfindlicher für Abbrechen.

Wenn ein Loch mit kleinem Durchmesser gebildet werden soll, ist es daher besonders notwendig, ein NC-Programm zu erstellen, das die optimalen Schneidbedingungen für jeden Bohrvorgang bestimmt.

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine und ein Bohrverfahren bereit zu stellen, die ein Bohren mit Bohrern verschiedener Durchmesser, besonders mit kleinen Durchmessern, sowie eine Verbesserung der Schneideffizienz ermöglichen.

Die Aufgabe wird gelöst durch eine Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine enthaltend eine Drehvorrichtung zur Drehung eines Bohrers, eine Bewegungsvorrichtung zur Bewegung des Bohrers relativ zu einem Werkstück, eine Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung zum Festlegen mehrerer Schneidbereiche eines Lochs entsprechend einer Tiefe des Lochs und um für jeden Schneidbereich unabhängig die Schneidbedingungen einzustellen, sowie eine Steuereinrichtung zur Steuerung der Dreheinrichtung und der Bewegungseinrichtung entsprechend den Schneidbedingungen.

Vorzugsweise kann die Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung aufweisen: eine Schneidbereichsfestlegungseinrichtung zur Festlegung mehrerer Schneidbereiche entsprechend der Tiefe des Lochs, eine Festlegungseinrichtung für die Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden, um die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden für jeden Schneidbereich unabhängig festzulegen, eine Festlegungseinrichtung für die Vorschubgeschwindigkeit ohne Schneiden, um die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers für jeden Schneidbereich unabhängig festzulegen, eine Schnitttiefenfestlegungseinrichtung, um eine Schnitttiefe für jeden Schnittbereich unabhängig festzulegen, eine Einrichtung zur Festlegung von Wechselwirkungsvermeidungsbedingungen, um eine Wechselwirkung zwischen dem Bohrer und dem Loch zu verhindern, wenn nach dem Schneiden einer vorgegebenen Schnitttiefe wieder in das Werkstück geschnitten wird, und eine Bohrdrehgeschwindigkeitsfestlegungseinrichtung, um die Drehgeschwindigkeit des Bohrers für jeden Schnittbereich unabhängig festzulegen.

Vorzugsweise kann die Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung weiterhin eine Kühlbedingungsfestlegungseinrichtung zur Festlegung von Kühlbedingungen, wenn der Bohrer aus dem Loch bewegt wird, um ihn zu kühlen und so durch das Schneiden in dem Bohrer erzeugte Wärme abzuführen, aufweisen.

Bevorzugt kann die Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung eine Festlegungseinrichtung für die Spindelanlaufzeit zum Festlegen einer Zeit, während der der Bohrer ohne Schneiden wartet, bis die Drehgeschwindigkeit der Spindel eine gewünschte Drehgeschwindigkeit erreicht, aufweisen.

Vorzugsweise kann die Schneidbereichsfestlegungseinrichtung einen Anfangsbereich, einen Innenbereich und einen Durchbohrungsbereich entsprechend der Tiefe des

Lochs von der Seite des Werkstücks nahe dem Bohrer zu der Tiefenrichtung des Lochs in dem Werkstück festlegen.

Besonders bevorzugt legt die Einrichtung zur Festlegung von Wechselwirkungsvermeidungsbedingungen einen Zwischenraum zwischen der vorherigen Position der Schnittiefe und der augenblicklichen Anfangsposition des Schneidens fest.

Besonders bevorzugt legt die Kühlbedingungsfestlegungseinrichtung eine Wartezeit fest, während der der Bohrer wartet, nachdem er aus dem Loch bewegt wurde, wenn er mehrere Schneidbereiche schneidet.

Die Aufgabe ein Bohrverfahren bereit zustellen wird gelöst durch ein Bohrverfahren enthaltend die Schritte: Aufteilen eines in ein Werkstück zu bohrenden Loches in die Schneidbereiche eines Anfangsbereichs, eines Innenbereichs und eines Durchbohrungsbereichs und unabhängiges Festlegen der Schneidbedingungen für jeden Schneidbereich, Schneiden des Anfangsbereichs auf der Basis der Schneidbedingungen für den Anfangsbereich, Schneiden des Innenbereichs auf der Basis der Schneidbedingungen für den Innenbereich und Schneiden des Durchbohrungsbereichs auf der Basis der Schneidbedingungen für den Durchbohrungsbereich.

Vorzugsweise enthält der Schritt der Aufteilung des Lochs und der Festlegung der Schneidbedingungen einen Schritt, indem für jeden Schneidbereich unabhängig mindestens eine der Größen eine Schnittiefe des Bohrers, Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden, Drehgeschwindigkeit des Bohrers und Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers ohne Schneiden festgelegt werden.

Vorzugsweise weist wenigstens einer der Schritte wenigstens einen der Schritte Beginn des Schneidens mit dem Bohrer in einem vorbestimmten Abstand von der vorherigen Schnittdiefenposition, wenn das Loch durch mehrere Schnitte einer vorbestimmten Schnittiefe erfolgt, Bewegung des Bohrers aus dem Loch – nach Schneiden der vorbestimmten Schnittiefe sowie Abkühlen des Bohrers durch Drehen im Leerlauf für eine vorbestimmte Zeit auf.

Vorzugsweise enthält der Schritt des Schneidens des Durchbohrungsbereichs einen Schritt der Verminderung der Drehgeschwindigkeit des Bohrers gegenüber der in den Schritten des Schneidens des Anfangs- und Innenbereichs.

Vorzugsweise weist der Schritt der Festlegung der Schneidbedingungen einen Schritt auf, indem für jeden Schneidbereich mindestens eine der Größen eine Schnittiefe des Bohrers, Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden, Drehgeschwindigkeit des Bohrers sowie Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers ohne Schneiden festgelegt wird.

Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nun genauer unter Bezugnahme auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben, in denen

Fig. 1A und 1B Ansichten sind, die ein Beispiel eines Bohrverfahrens nach dem Stand der Technik veranschaulichen,

Fig. 2 ein Blockdiagramm einer NC-Vorrichtung als einer Ausführungsform einer Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine nach der vorliegenden Erfindung ist,

Fig. 3 eine Ansicht einer Hardware-Konfiguration der in Fig. 2 gezeigten NC-Vorrichtung ist,

Fig. 4 eine perspektivische Ansicht eines Beispiels für ein Bearbeitungszentrum, das als Bohrmaschine arbeitet und auf das die vorliegende Erfindung angewendet wird,

Fig. 5 eine Schnittansicht des in Fig. 4 gezeigten Bearbeitungszentrums ist,

Fig. 6 eine Ansicht eines Beispiels einer Konfiguration einer Schneidbedingungsfestlegungs-/speichereinheit 5 in der NC-Vorrichtung ist,

Fig. 7 eine Tabelle von Parametern für das Bohren, die in der NC-Vorrichtung nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung definiert sind, ist,

Fig. 8A bis 8C Ansichten sind, die ein Verfahren zum Bohren eines Lochs nach der Ausführungsform veranschaulichen,

Fig. 9 eine Ansicht des Bewegungsverlaufs eines Bohrers auf der Basis der in der NC-Vorrichtung definierten Parameter bei dem Bohren eines Durchgangslochs ist,

Fig. 10 ein Ablaufdiagramm zur Erläuterung eines Verfahrens zum Bohren eines Lochs nach einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ist,

Fig. 11 ein Ablaufdiagramm eines Beispiels eines Verfahrens zum Bohren eines Anfangsbereichs ist,

Fig. 12 ein Ablaufdiagramm eines Beispiels eines Verfahrens zum Bohren eines Innenbereichs ist,

Fig. 13 ein Ablaufdiagramm eines Beispiels eines Verfahrens zum Bohren eines Durchbohrungsbereichs ist,

Fig. 14 ein Beispiel eines NC-Programms zum Bohren des Anfangsbereichs ist,

Fig. 15 ein Beispiel eines NC-Programms zum Bohren des Innenbereichs ist und

Fig. 16 ein Beispiel eines NC-Programms zum Bohren des Durchbohrungsbereichs ist.

Im folgenden wird unter Bezugnahme auf die Zeichnungen eine ausführliche Erklärung bevorzugter Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung gegeben.

Erste Ausführungsform

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm einer NC-Vorrichtung als einer Ausführungsform einer Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine nach der vorliegenden Erfindung.

Die in Fig. 2 veranschaulichte NC-Vorrichtung 1 weist eine Hauptsteuereinheit 3, eine Schneidbedingungsfestlegungs-/speichereinheit 5, eine Bearbeitungsprogrammspeichereinheit 7, eine Servosteuerereinheit 9, einen Servotreiber 11, eine Spindelsteuereinheit 15 und einen Spindeltreiber 17 auf.

Die Hauptkontrolleinheit 3 analysiert (decodiert) und verarbeitet das NC-Programm, das die Bohrerpositionsdaten des sich drehenden Werkzeugs zur Bearbeitung des Werkstücks usw. mittels einer vorbestimmten Sprache definiert, setzt die Bohrerpositionsdaten in Positionsbefehle für Bewegungen entlang der Steuerachsen um, gibt diese an die Servosteuerereinheit 9 aus, erzeugt Geschwindigkeitsbefehle für die Drehung des Spindelmotors 19 gemäß dem NC-Programm und gibt diese an die Spindelsteuereinheit 19 aus.

Die Hauptsteuereinheit 3 erzeugt Steuerdaten gemäß den verschiedenen in der Schneidbedingungsfestlegungs-/speichereinheit 5 gespeicherten Schneidbedingungen.

Die Bearbeitungsprogrammspeichereinheit 7 speichert das NC-Programm, welches zum Beispiel die Bohrerpositionsdaten usw. zur Bearbeitung des Werkstücks mittels einer vorbestimmten Sprache definiert.

In der vorliegenden Ausführungsform speichert die Bearbeitungsprogrammspeichereinheit 7 ein Programm für das Bohren, das durch eine G-Code wie in den Fig. 14 bis 16 gezeigt beschreibt.

Die Servosteuerereinheit 9 weist eine Positionsregelschleife, eine Geschwindigkeitsregelschleife und eine Stromregelschleife auf.

Die Positionsregelschleife empfängt den Positionsbefehl (Ausmaß der Bewegung) auf einer Steuerachse, führt Proportionaloperationen auf der Basis der Fehler zwischen diesen Bewegungsmaßen und den Positionsrückkopplungssignalen von einem Drehpositionsfühler 13a, der die Drehposition des Servomotors 13 erfaßt, und gibt diese als Ge-

schwindigkeitsbefehle an die Geschwindigkeitsregelschleife aus.

Die Geschwindigkeitsregelschleife führt Proportionaloperationen und Integrationsoperationen mit den Fehlern zwischen den Geschwindigkeitsbefehlen und den Differenzwerten (Geschwindigkeitsrückkopplungssignalen) für jede Abtastzeit der Positionsrückkopplungssignale von dem Drehpositionsfühler 13a aus, um Drehmomentbefehle zu bilden und diese an die Stromregelschleife auszugeben.

Die Stromregelschleife führt proportionale Operationen mit den Fehlern zwischen dem dem Ausgabedrehmomentsignal des Servomotors 13, das durch Konversion von dem Steuerstrom des Servomotors 13 erhalten wird, und den Drehmomentbefehlen aus, um Strombefehle zu erzeugen, setzt diese in vorbestimmte elektrische Signale um und gibt diese an den Servotreiber 11 aus.

Der Servotreiber 11 gibt einen Steuerstrom aus, der den Strombefehl von der Servosteuerereinheit 9 an den Servomotor 13 verstärkt.

Der Servomotor 13 wird gemäß dem Steuerstrom angesteuert.

Der Drehpositionssensor 13a, mit dem der Servomotor 13 versehen ist, gibt Erfassungspulse gemäß dem Ausmaß der Drehung des Servomotors 13 aus.

Man beachte, daß getrennte Servosteuerereinheiten 9, Servotreiber 11 und Servomotoren 13 für mindestens die X-, die Y-, und die Z-Achse in dem später beschriebenen Bearbeitungszentrum notwendig sind. All dies ist in Fig. 2 nicht dargestellt. Für die vorliegende Ausführungsform liegt der Focus auf der Steuerung entlang der Z-Achse. Daher werden die folgenden Erklärungen unter der Annahme gemacht, daß die Servosteuerereinheit 9, der Servotreiber 11 und der Servomotor 13 für die Z-Achse sind.

Die Spindelsteuereinheit 15 weist eine Geschwindigkeitsregelschleife und eine Stromregelschleife auf und regelt die Geschwindigkeit des Spindelmotors.

Der Spindeltreiber 17 gibt einen Steuerstrom aus, der den Strombefehl der Spindelsteuereinheit 15 verstärkt.

Der Spindelmotor 19 wird in Abhängigkeit von dem Steuerstrom von dem Spindeltreiber 17 gesteuert.

Ein Drehgeschwindigkeitssensor 19a, mit dem der Spindelmotor 19 versehen ist, erfaßt eine Drehgeschwindigkeit des Spindelmotors 19 und gibt den erfaßten Wert an die Spindelsteuereinheit 15 aus.

Man beachte, daß bei der vorliegenden Ausführungsform, obwohl die NC-Vorrichtung 1 so dargestellt ist, daß sie die Spindelsteuereinheit 15 und den Spindeltreiber 17 aufweist, diese getrennt von der NC-Vorrichtung 1 vorgesehen sein können.

Die Schneidbedingungsfestlegungs-/speichereinheit 5 dient zum Festlegen und Speichern der verschiedenen Schneidbedingungen beim Bohren. Details werden später gegeben.

Fig. 3 ist eine Ansicht eines Beispiels der Hardware-Konfiguration der in Fig. 2 veranschaulichten NC-Vorrichtung 1.

Ein in Fig. 3 veranschaulichter Mikroprozessor 41 ist über einen Bus mit einem Nur-Lese-Speicher (ROM) 42, einem Direktzugriffsspeicher (RAM) 43, Schnittstellenschaltungen 48 und 49, einer Graphiksteuerschaltung 44, einer Anzeigevorrichtung 45, einer Tastatur 47, Software-Tasten 46, usw. verbunden.

Der Mikroprozessor 41 steuert die NC-Vorrichtung 1 als ganze gemäß einem in dem ROM 42 gespeicherten Systemprogramm.

In dem ROM 42 sind Programme zur Steuerung der Haupteinheit 3, der Schneidbedingungsfestlegungs-/speichereinheit 5, der Servosteuerereinheit 9 und der Spindelsteu-

ereinheit 15 usw. sowie ein Systemprogramm zur Steuerung der NC-Vorrichtung 1 als ganze gespeichert.

Das RAM 43 lädt in dem ROM 42 gespeicherte Programme, speichert verschiedene NC-Programme, Daten usw.; z. B. speichert es auch die später erklärten Parameter, die in der Schneidbedingungsfestlegungs-/speichereinheit 5 festgelegt sind.

Die Graphiksteuerschaltung 44 setzt digitale Signale in Anzeigesignale um und führt diese der Anzeigevorrichtung 45 zu.

Für die Anzeigevorrichtung 45 wird zum Beispiel ein Kathodenstrahlröhren-(CRT-)Monitor oder eine Flüssigkristallanzeigevorrichtung benutzt.

Die Anzeigevorrichtung 45 zeigt Formen, Schneidbedingungen und erzeugte Bearbeitungsprogramme usw. an, wenn eine Bedienperson die Bearbeitungsprogramme über einen Dialog unter Benutzung der Software-Tasten 46 oder der Tastatur 47 erstellt, und zeigt Eingabedaten an, wenn die Bedienperson geforderte Daten eingibt.

Die Bedienperson kann ein Bearbeitungsprogramm durch Eingabe von Daten entsprechend den auf der Anzeigevorrichtung angezeigten Inhalten erstellen (Dialogdaten-Eingabeschirm).

Die Anzeigevorrichtung 45 zeigt auf dem Schirm die Arbeitsschritte oder empfangenen Daten in einem Menüformat an. Welcher Punkt in dem Menü ausgewählt wird, wird dadurch bestimmt, daß eine Software-Taste 46 im unteren Teil des Menüs gedrückt wird.

Die Software-Tasten 46 und die Tastatur 47 werden auch dazu benutzt, für die NC-Vorrichtung 1 erforderliche Daten einzugeben.

Die Schnittstellenschaltung 48 setzt Befehle wie z. B. von dem Mikroprozessor 41 ausgegebene Positionsbefehle für den Servomotor 13 in vorbestimmte Signale um und gibt diese an den Servotreiber 11 aus.

Die Schnittstellenschaltung 49 setzt Befehle wie z. B. von dem Mikroprozessor 41 ausgegebene Geschwindigkeitsbefehle für den Spindelmotor 19 in vorbestimmte Signale um und gibt diese an den Spindeltreiber 17 aus.

Die Schnittstellenschaltungen 48 und 49 zählen die Meßpulse von dem Drehpositionssensor 13a, der für den Servomotor 13 vorgesehen ist, und von dem Drehgeschwindigkeitssensor 19a, der für den Spindelmotor 19 vorgesehen ist, setzt diese in vorbestimmte Digitalsignale um und gibt diese an den Mikroprozessor 41 aus.

Die Fig. 4 und 5 sind Ansichten zur Erklärung eines Beispiels eines Bearbeitungszentrums, das als Bohrwerkzeugmaschine dient und auf das die vorliegende Erfindung angewendet ist. Fig. 4 ist eine perspektivische Ansicht, während Fig. 5 eine Schnittansicht ist.

Man beachte, daß das in den Fig. 4 und 5 als NC-Maschine veranschaulichte Bearbeitungszentrum durch die obige NC-Vorrichtung gesteuert ist.

Bei dem in den Fig. 4 und 5 veranschaulichten Bearbeitungszentrum ist ein Tisch 72 auf der oberen Oberfläche eines Maschinenbetts 71 angeordnet, um mittels einer Antriebsvorrichtung 73 in der rechten und linken Richtung (in Richtung der X-Achse) und in Vorwärts- und Rückwärts-Richtung (in Richtung der Y-Achse) bewegbar zu sein. Eine Säule 74 steht an dem hinteren Ende des Betts 71.

Die Antriebsvorrichtung 73 weist ein Paar von Führungsschienen 67, die parallel zu der Y-Achse auf dem Maschinenbett 71 angeordnet sind, ein Gleitstück 68 für die Y-Achse, welches beweglich entlang der Y-Achsenrichtung auf den Führungsschienen 67 angeordnet ist, und ein Paar von Führungsschienen 70 auf, die auf dem Gleitstück 68 für die Y-Achse angeordnet sind, um den Tisch 72 beweglich in der Richtung der X-Achse zu tragen.

Man beachte, daß die Antriebsvorrichtung 73, obwohl das nicht anderswo veranschaulicht ist, einen Vorschubmechanismus, um das Gleitstück 68 für die Y-Achse in Richtung der Y-Achse zu bewegen, einen Y-Achsen-Servomotor, um diesen Mechanismus anzutreiben, einen Vorschubmechanismus, um den Tisch 72 in Richtung der X-Achse zu bewegen und einen X-Achsen-Servomotor, um diesen Vorschubmechanismus anzutreiben, aufweist.

Die Säule 74 weist einen vertikalen Säulenteil 51, der senkrecht am hinteren Ende des Maschinenbetts 71 steht, und einen horizontalen Säulenteil 52 auf, der an das vordere obere Ende des vertikalen Säulenteils 51 angebaut ist.

An dem horizontalen Säulenteil 52 ist ein Spindelkopf 64 aufwärts und abwärts bewegbar (bewegbar in Richtung der Z-Achse) angeordnet. Ein Vorschubmechanismus (nicht dargestellt) und der Z-Achsen-Servomotor 13 sind vorgesehen, um den Spindelkopf 64 hoch und herunter zu bewegen.

In den Spindelkopf 64 ist drehbar gehalten eine Spindel 82 und der Spindelmotor 19 (nicht dargestellt), um diese Spindel 82 anzutreiben, eingebaut. Der Spindelmotor 19 treibt einen Bohrer 81, der an dem Vorderende der Spindel 82 angebracht ist, die wiederum an dem Spindelkopf 64 angebracht ist.

Der obere Teil der Säule 74 und das Vorderende des Maschinenbetts werden durch einen Träger 61 verbunden. Der Träger 61 weist ein Paar von Trägerteilen 62 und 63 auf. Das Paar von Trägerteilen 62 und 63 verbindet die beiden Seiten des oberen Teils der Säule 74 (zwei Seiten des horizontalen Säulenteils 52) und die zwei Seiten des vorderen Endes des Maschinenbetts 71. Der Abstand zwischen den Trägerteilen 62 und 63 vergrößert sich fortschreitend von den beiden oberen Seiten der Säule 74 zu den beiden Seiten des Vorderendes des Bettes 71.

Bei dem obigen Bearbeitungszentrums werden die X-, Y-, und Z-Achsen-Servomotoren 13 und die Spindelmotoren 19 durch die obige NC-Vorrichtung 1 angesteuert.

Genauer steuert die NC-Vorrichtung 1 den Spindelmotor 19 auf einer vorbestimmten Drehgeschwindigkeit, um den Bohrer 81 zu drehen, steuert die X- und Y-Achsen-Servomotoren, um die Positionen des Tisches 72 mittels der Antriebsvorrichtung 73 in den Richtungen der X- und Y-Achsen zu steuern, und steuert den Z-Achsen-Servomotor 13, um die Z-Achsenposition des Spindelkopfs 64 zu steuern und das Bohren in dem Werkstück auf dem Tisch 72 mit dem Bohrer 81 durchzuführen.

Es wird nun das grundlegende Vorgehen bei dem Verfahren zum Bohren eines Loches nach der vorliegenden Ausführungsform erklärt.

Die Fig. 8A bis 8C sind Ansichten, die das Verfahren zum Bohren eines Loches nach der vorliegenden Ausführungsform veranschaulichen.

Wie in Fig. 8A dargestellt, wird der Anfangsbereich (unten als "Schneidbereich 1" definiert), der sich von der Oberfläche des Werkstücks W mit einer Dicke H bis zu einer Tiefe h1 erstreckt, gebohrt, indem eine erforderliche Anzahl von Malen mit dem Bohrer 81 eine vorbestimmte Schnitttiefe geschnitten wird.

Als nächstes wird wie in Fig. 8B dargestellt der Innenbereich des Werkstücks W (unten als "Schneidbereich 2" definiert), der sich durch den Schneidbereich 1 herab bis zu der Tiefe h2 erstreckt, gebohrt, indem eine erforderliche Anzahl von Malen eine vorbestimmte Schnitttiefe geschnitten wird.

Als Nächstes wird wie in Fig. 8C dargestellt der Durchbohrungsbereich des Werkstücks W (unten als "Schneidbereich 3" definiert), der sich durch die Schneidbereiche 1 und 2 herab bis in die Tiefe h3 erstreckt, mit dem Bohrer 81 gebohrt, indem eine erforderliche Anzahl von Malen eine vorgegebene Schnitttiefe geschnitten wird.

Die obige NC-Vorrichtung 1 ist mit separaten Schneidbereichsfestlegungs-/speichereinheiten 5 für die Schneidbereiche 1 bis 3 zur Durchführung der in Fig. 8 erklärten Bohrung versehen.

Fig. 6 ist eine Ansicht der Konfiguration der Schneidbereichsfestlegungs-/speichereinheit 5 der obigen NC-Vorrichtung 1.

Die Schneidbereichsfestlegungs-/speichereinheit 5 weist einen Schneidbereichsfestlegungsteil 21, einen Festlegungsteil 22 für die Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden, einen Festlegungsteil 23 für die Vorschubgeschwindigkeit ohne Schneiden, einen Rückkehrpositionsfestlegungsteil 25, einen Teil 26 zur Festlegung von Wechselwirkungsvermeidungsbedingungen, einen Luftkühlbereichsfestlegungsteil 27, einen Bohrerdrehgeschwindigkeitsfestlegungsteil 28, einen Spindelanlaufzeitfestlegungsteil 29, einen Schneidbeginnpositionsfestlegungsteil 30 und einen Festlegungsteil 31 für die Schneidtiefenendposition, d. h. die Endposition des Schneidens in Bezug auf die Tiefe.

Der Schneidbereichsfestlegungsteil 21 legt zwei oder mehr Schneidbereiche entsprechend der Tiefe des Bohrlochs fest.

Genauer werden, wenn ein Durchgangsloch in ein Werkstück gebohrt wird, entsprechend der Tiefe des Bohrlochs die Schneidbereiche von der Oberfläche des Werkstücks in Richtung des Inneren des Werkstücks gehend definiert als der Anfangsbereich, der Innenbereich und der Durchbohrungsbereich.

Die Größe jedes Bereichs wird auf Grund von Erfahrung des Materials des Werkstücks usw. festgelegt.

Der Festlegungsteil 22 für die Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden legt die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden in jedem Schneidbereich fest.

Zum Beispiel ist es beim Bohren eines Durchgangslochs möglich, verschiedene Vorschubgeschwindigkeiten des Bohrers in den Bereichen 1 bis 3 festzulegen.

Die Vorschubgeschwindigkeiten des Bohrers werden auch auf Grund von Erfahrung, dem Material des Werkstücks usw. festgelegt.

Der Festlegungsteil 23 für die Vorschubgeschwindigkeit ohne Schneiden legt die Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers während der Zeit des schnellen Vorschubs (nicht schneidend) fest.

Diese schnelle Vorschubgeschwindigkeit wird auf einen optimalen Wert unter Berücksichtigung der Wechselwirkung zwischen dem gebohrten Loch und dem Bohrer usw., wenn der Bohrer sich in dem bereits gebildeten Loch bewegt, festgelegt.

Der Schnitttiefenfestlegungsteil 24 legt die Schnitttiefe des Bohrers bei einem Arbeitsschritt in jedem Schneidbereich fest.

Zum Beispiel ist es beim Bohren eines Durchgangslochs möglich, verschiedene Schnitttiefen für jeden Bereich 1 bis 3 festzulegen.

Der Rückkehrpositionsfestlegungsteil 25 legt die Bewegungsposition für die Bewegung des Bohrers aus dem Loch nach dem Schneiden einer vorgegebenen Schnitttiefe in jedem Schneidbereich fest.

Der Teil 26 zur Festlegung von Wechselwirkungsvermeidungsbedingungen legt Zwischenräume zwischen der vorherigen eingeschnittenen Position und der gegenwärtigen Schneidbeginnposition, wenn wiederholt eine vorbestimmte Schneidtiefe in jedem Schneidbereich geschnitten wird, fest.

Durch Setzen dieser Zwischenräume wird es möglich, eine Wechselwirkung zwischen dem Loch und dem Bohrer, wenn der Bohrer sich in dem Loch bewegt, zu vermeiden.

Der Luftkühlbereichsfestlegungsteil 27 legt die Luftkühlzeit zur Kühlung des Bohrers durch Drehen im Leerlauf

bei einer Bewegungsposition, die in dem Rückkehrpositionsfestlegungsteil 24 festgelegt ist, fest, wenn wiederholt mit einer vorgegebenen Schnitttiefe geschnitten wird.

Der Bohrerndrehgeschwindigkeitsfestlegungsteil 28 legt die Drehgeschwindigkeit des Bohrers für jeden Schneidbereich unabhängig fest.

Der Spindelanlaufzeitfestlegungsteil 29 legt die Anlaufzeit fest, die bei Beginn des Schneidens notwendig ist, um sich die Drehgeschwindigkeit des Spindelmotors 19 stabilisieren zu lassen, nachdem die von der Bohrerndrehgeschwindigkeitsfestlegungseinrichtung 28 gesetzte Drehgeschwindigkeit erreicht wurde.

Der Schneidbeginnpositionsfestlegungsteil 30 legt die Startposition des Schneidens mit dem Bohrer fest.

Der Festlegungsteil 31 für die Schneidtiefenendposition legt die letzte Bewegungsposition der Bohrers zu dem Werkstück in Richtung der Bohrtiefe fest.

Mit dieser Schneidtiefenendposition ist es möglich, zu bestimmen, ob das in das Werkstück gebohrte Loch ein Durchgangsloch oder ein Grundloch ist.

Bei der vorliegenden Ausführungsform setzt die obige Schneidbedingungsfestlegungs-/speichereinheit 5 speziell die in Fig. 7 gezeigten in der NC-Vorrichtung 1 definierten Parameterwerte.

Die Eingabe und Veränderung der Parameterwerte wird durch eine Bedienperson mit der Tastatur 47 oder Software-Tasten 46 eingegeben während sie die Anzeigevorrichtung 45 betrachtet.

Der Parameter V42 dient dazu, die Grenzposition zwischen den Schneidbereichen 1 und 2 festzulegen.

Verschiedene Arten von Schneidbedingungen werden unabhängig für die Schneidbereiche 1 und 2, die durch diese Grenzposition getrennt sind, festgelegt.

Der Parameter V43 dient dazu, die Grenzposition der Schneidbereiche 2 und 3 festzulegen.

Verschiedene Arten von Schneidbedingungen werden unabhängig für die Schneidbereiche 2 und 3, die durch diese Grenzposition getrennt sind, festgelegt.

Durch Definition der Parameter V42 und V43 in der NC-Vorrichtung 1 werden die Einstellungen in dem obigen Schneidbereichsfestlegungsteil umfaßt.

Der Parameter V35 legt die Vorschubgeschwindigkeit des schnellen Bohrvorschubs in der Richtung der Z-Achse fest.

Mit der Definition dieses Parameters V35 werden die Einstellungen des Festlegungsteils 23 für die Vorschubgeschwindigkeit ohne Schneiden umfaßt.

Man beachte, daß bei der vorliegenden Ausführungsform die schnelle Vorschubgeschwindigkeit in jedem der Schneidbereiche 1 bis 3 auf den gleichen Wert gesetzt ist, daß die schnellen Vorschubgeschwindigkeiten aber auch in den Bereichen 1 bis 3 auf jeweils verschiedene Wert gesetzt werden können.

Der Parameter V41 dient dazu, den Zwischenraum zwischen der vorherigen Schneidposition und der augenblicklichen Schneidposition festzulegen.

Durch Definition des Parameters V41 in der NC-Vorrichtung 1 ist die Einstellung in dem obigen Teil 26 zur Festlegung von Wechselwirkungsvermeidungsbedingungen umfaßt.

Man beachte, daß es möglich ist, verschiedene Zwischenräume für jeden der Schneidbereiche 1 bis 3 zu setzen.

Der Parameter V39 dient dazu, die Programmstartposition, d. h. die Schneidbeginnposition festzulegen.

Durch Definition des Parameters V39 in der NC-Vorrichtung 1 wird die Einstellung in dem obigen Schneidbeginnpositionsfestlegungsteil 30 umfaßt.

Der Parameter V40 dient dazu, die Bewegungsposition

einzustellen, um den Bohrer aus dem gebildeten Loch herauszubewegen, nachdem eine definierte Schnitttiefe geschnitten wurde, wenn in den Schneidbereichen 2 und 3 geschnitten wird. Durch Definition des Parameters V40 in der NC-Vorrichtung wird die Einstellung in dem obigen Rückkehrpositionsfestlegungsteil 25 umfaßt.

Man beachte, daß bei der vorliegenden Ausführungsform die Rückkehrposition beim Schneiden im Schneidbereich 1 nicht gesetzt ist, daß es aber auch möglich ist, sie zu setzen. Weiterhin ist bei der vorliegenden Ausführungsform die Rückkehrposition beim Schneiden in den Schneidbereichen 2 und 3 auf die gleiche Position gesetzt, jedoch ist es auch möglich, diese auf verschiedene Positionen zu setzen.

Der Parameter V51 dient dazu, die Drehgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden der Schneidbereiche 1 und 2 festzulegen.

Der Parameter V53 dient dazu, die Drehgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden des Schneidbereichs 3 festzulegen.

Der Parameter V54 dient dazu, den Koeffizienten festzulegen, um den Parameter V53 aus dem Parameter V51 zu bestimmen.

Das heißt, daß in der vorliegenden Ausführungsform die Drehgeschwindigkeiten des Bohrers beim Schneiden der Schneidbereiche 1 und 2 auf den gleichen Wert gesetzt sind und daß die Drehgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden des Schneidbereichs 3 proportional (in Bezug auf diese Drehgeschwindigkeit) bestimmt wird.

Durch Definition der Parameter V51, V52 und V54 in der NC-Vorrichtung 1 werden die Einstellungen in dem obigen Bohrerndrehgeschwindigkeitsfestlegungsteil 28 umfaßt.

Der Parameter V60 dient der Einstellung der Kühlzeit (Verweilzeit), um den Bohrer durch Drehen im Leerlauf zu kühlen.

Durch Definition des Parameters V60 in der NC-Vorrichtung 1 wird die Einstellung in dem obigen Kühlbedingungs-festlegungsteil 27 umfaßt.

Der Parameter V52 dient der Einstellung der Wartezeit bis die Drehgeschwindigkeit des Spindelmotors 19 eine gesetzte Drehgeschwindigkeit erreicht und stabil wird.

Durch Definition des Parameters V52 in der NC-Vorrichtung 1 wird die Einstellung in dem obigen Spindelanlaufzeitfestlegungsteil 24 umfaßt.

Der Parameter V37 dient der Festlegung der einen Schnitttiefe des Bohrers beim Schneiden des Schneidbereichs 1.

Der Parameter V36 dient der Einstellung der einen Schnitttiefe des Bohrers beim Schneiden des Schneidbereichs 2.

Der Parameter V38 dient der Festlegung der einen Schnitttiefe des Bohrers beim Schneiden des Schneidbereichs 3.

Durch Definition der Parameter V37, V36 bzw. V38 in der NC-Vorrichtung 1 sind die Festlegungen in dem obigen Schneidtiefenfestlegungsteil 24 umfaßt.

Der Parameter V33 dient der Festlegung der Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden des Schneidbereichs 1.

Der Parameter V32 dient der Festlegung der Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden des Schneidbereichs 2.

Der Parameter V34 dient der Einstellung der Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden des Schneidbereichs 3.

Durch Definition der Parameter V33, V32 und V34 in der NC-Vorrichtung 1 werden die Festlegungen des obigen Festlegungsteils 22 für die Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden umfaßt.

Der Parameter V45 dient der Festlegung der Bewegungs-endposition in der Schneidtiefenrichtung zum dem Werkstück hin.

Durch Definition des Parameters V45 bei der NC-Vorrichtung 1 wird die Festlegung in dem obigen Festlegungsteil 31 für die Schneidtiefenendposition umfaßt.

Als nächstes wird ein Beispiel für das Bohren eines Durchgangslochs mit der obigen NC-Vorrichtung und dem Bearbeitungszentrum erklärt.

Fig. 9 ist eine Ansicht zur Erklärung des Bewegungsverlaufs des Bohrers gemäß der obigen, in der NC-Vorrichtung 1 definierten Parameter beim Bohren eines Durchgangslochs. Weiter sind die Fig. 10 bis 13 Ablaufdiagramme, die den Ablauf des Schneidens des Durchgangslochs zeigen.

Weiterhin sind die Fig. 14 bis 16 Beispiele eines NC-Programms, das für das Bohren benutzt wird.

Im folgenden werden Erläuterungen unter Bezugnahme auf die 9 bis 16 gegeben.

Wie in Fig. 10 dargestellt enthält der Prozeß des Bohrens eines Durchgangslochs nach der vorliegenden Ausführungsform die Schritte: Setzen der Schneidbedingungen (Schritt S101), Schneiden des Anfangsbereichs (Schritt S102), Schneiden des Innenbereichs (Schritt S103) und Schneiden des Durchbohrungsbereichs (Schritt S104)

Setzen der Schneidbedingungen (Schritt S101)

Zuerst wird die Bohrungsbetriebsart der NC-Vorrichtung 1 über die Tastatur 47 oder Software-Tasten 46 festgelegt, ein in der Bearbeitungsprogrammspeichereinheit 7 gespeichertes und in den Fig. 14 bis 16 gezeigtes NC-Programm wird in die Hauptsteuereinheit 3 eingelesen und die verschiedenen in der obigen NC-Vorrichtung 1 definierten Parameter werden gesetzt.

Wenn zum Beispiel ein Durchgangsloch in eine Platte aus rostfreiem Stahl der Dicke 1,1 mm mit einem Bohrer mit einem Durchmesser von 0,1 mm gebohrt wird, können die Schneidbedingungen, wie in Klammern neben den Parameternamen in Fig. 7 gezeigt, folgendermaßen gesetzt werden: V37 = 500 mm/min, V41 = 0,1 mm, V39 = 0,5 mm, V40 = 3,0 mm, V51 = 10000 rpm, V53 = 5000 rpm, V54 = 0,5, V60 = 1 s, V52 = 12 s, V37 = 0,01 s, V33 = 5 mm/min, V43 = -0,25 mm, V36 = 0,01 mm, V32 = 7 mm/min, V43 = -0,95 mm, V38 = 0,01 mm, V34 = 3 mm/min und V45 = -1,3 mm.

Als nächstes beginnt das Bohren des Lochs in dem Werkstück.

Die Hauptsteuereinheit 3 der NC-Vorrichtung 1 steuert das Bearbeitungszentrum auf der Basis des eingelesenen NC-Programms und der verschiedenen Parameter.

Bearbeitung des Anfangsbereichs (Schritt S102)

Fig. 11 und Fig. 14 sind ein Ablaufdiagramm und ein NC-Programm, die das Schneiden des Schneidbereichs 1 zeigen.

Zuerst wird der Bohrer 81 (die Spindel) mit der durch den Parameter V51 definierten Drehgeschwindigkeit angetrieben (Schritt S1). Der Code S des Programms P1 weist die Drehgeschwindigkeit (rpm) der Spindel an.

Als nächstes wird für die durch den Parameter V52 definierte Zeit, nach der die Drehgeschwindigkeit der Spindel die durch den Parameter V51 definierte Drehgeschwindigkeit erreicht und stabil wird, gewartet (Schritt 2). Der Code GO4P des Programms P2 weist das Anhalten des Bohrers 81 an.

Dadurch wird die Drehgeschwindigkeit des Bohrers 81 stabilisiert.

Als nächstes wird, wie in Fig. 9 gezeigt, der Bohrer 81 zu der durch den Parameter V39 definierten Schneidbeginnpозиtion P1 (absolute Position) mit der durch den Parameter V35 definierten schnellen Vorschubgeschwindigkeit bewegt

(Schritt S3) Dies wird durch das Programm P3 ausgeführt.

Der Code G90 weist die absolute Position, der Code G1 den Vorschub und der Code F die Vorschubgeschwindigkeit an.

Als nächstes wird die Bewegungsposition für das Schneiden mit dem Bohrer 81 bestimmt (Schritt S4). Dies wird durch die Programme P4 und P5 ausgeführt.

Der Parameter V50 definiert eine absolute Position, zu der der Bohrer 81 zu bewegen ist, das Programm P4 initialisiert den Parameter V50 und das Programm P5 bestimmt den Parameter V50 von den Parametern V39, V41 und V37.

Das heißt, daß die bestimmte Bewegungsposition (V50) des Bohrers 81 bei einer Position liegt, die von der Schneidbeginnpозиtion P1 in einem Abstand eines Schneidens mit der durch den Parameter V37 definierten Schneidtiefe und den Zwischenraum in der Richtung der -Z-Achse entfernt ist.

Als nächstes wird der Bohrer 81 zum Schneiden mit der durch den Parameter V33 definierten Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden vorgeschoben (zu der bestimmten Bewegungsposition (V50) des Bohrers 81) (Schritt S5). Als Ergebnis wird das Bohren des Bereichs 1 begonnen. Dies wird von dem Programm P6 ausgeführt.

Danach wird der Bohrer 81 um den durch den Parameter V41 definierten Zwischenraum in Richtung der +Z-Achse bewegt (Schritt S6). Dies wird durch das Programm P7 ausgeführt.

Als nächstes wird die Bewegungsposition für das Schneiden mit dem Bohrer 81 aktualisiert (Schritt S7) und das Schneiden wird wiederholt (Schritt S8). Dies wird durch die Programme P8 und P9 ausgeführt.

Bei diesem Prozeß, bei Schritt S6, wird der Bohrer 81 um den Zwischenraum in der Richtung der +Z-Achse bewegt, dann wird das Schneiden mit dem Bohrer 81 von dieser Bewegungsposition wiederholt, so daß ein Abbrechen des Bohrers 81 durch eine Wechselwirkung zwischen Bohrer 81 und dem Loch unterdrückt ist.

Das heißt, daß, wenn der Bohrer 81 um den Zwischenraum bewegt und dann schnell zu der vorherigen Schneidposition bewegt wird, der Bohrer 81 leicht durch die Wechselwirkung zwischen dem Bohrer 81 und dem Loch abbricht, jedoch, wenn diese Bewegung mit der durch den Parameter V33 definierten Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden ausgeführt wird, die Wechselwirkung zwischen dem Bohrer 81 und dem Loch unterdrückt ist.

Als nächstes wird beurteilt, ob der nicht geschnittene Bereich (der verbleibende Bereich) des Schneidbereichs 1 größer als die durch den Parameter V37 definierte Schnitttiefe ist (Schritt S9). Dies wird durch das Programm P10 ausgeführt. Man beachte, daß der Code LE des Programms P10 bezeichnet, während der Code GO11 einen Sprung zu der Marke N11 angibt.

Wenn der nicht geschnittene Teil des Schneidbereichs 1 kleiner als die durch den Parameter V37 definierte Schnitttiefe ist, bedeutet das, daß der Schneidbereich 1 nahe daran ist fertiggestellt zu sein.

In diesem Fall wird der Bohrer 81 genau um den Zwischenraum in Richtung der +Z-Achse bewegt (Schritt S10), dann wird der Bohrer 81 zum Schneiden zu der durch den Parameter V42 definierten Grenzposition zwischen den Schneidbereichen 1 und 2 vorgeschoben (Schritt S11) und es wird mit dem Schneiden des Schneidbereichs 2 fortgefahren (Schritt S12). Die Schritte S10 bis S12 werden durch die Programme P13 bis P16 ausgeführt.

Man beachte, daß das Programm das System zur Vorbereitung für das Bohren des Schneidbereichs 2 durch Einsetzen des die Grenzposition P2 zwischen den Schneidbereichen 1 und 2 definierenden Parameters V42 anstatt des Para-

meters V50, initialisiert.

Wenn der nicht geschnittene Teil des Schneidbereichs 1 größer als die durch den Parameter V37 definierte Schnitttiefe ist, wird entschieden, ob die augenblickliche Schneidtiefenposition (V50) in dem Schneidbereich 1 ist oder nicht (Schritt S13). Dies wird durch das Programm P11 abgewickelt.

Wenn die augenblickliche Position des Bohrers 81 im Schneidbereich 1 liegt, wird zu dem Schritt S6 zurückgegangen und die obigen Schritte S6 bis S9 werden wiederholt.

Wenn die augenblickliche Position des Bohrers 81 außerhalb des Schneidbereichs 1 liegt, wird zu dem Schneiden des Schneidbereichs 2 weitergegangen.

Der Bohrer 81 schneidet sukzessiv den Schneidbereich 1 während er sich entlang des in Fig. 9 gezeigten Wegs bewegt.

Bearbeiten des Innenbereichs (Schritt S103)

Als nächstes wird unter Bezugnahme auf das in Fig. 12 gezeigte Flußdiagramm und das in Fig. 15 gezeigte NC-Programm das Verfahren zum Bohren des Innenbereichs erklärt.

Der Bohrer 81 wird an der Grenzposition P2 zwischen den Schneidbereichen 1 und 2 positioniert, wenn das Bohren des Schneidbereichs 1 beendet wird.

Zuerst wird der Bohrer 81 in diesem Zustand schnell zu der durch den Parameter V40 definierten Rückkehrposition R bewegt (Schritt S21). Dies wird durch das Programm 21 ausgeführt.

Durch die Bewegung des Bohrers 81 zu der Rückkehrposition R wird es möglich, Späne aus dem Loch zu entfernen und den Bohrer 81 zu kühlen.

Als nächstes wird der Bohrer 81 bei der Rückkehrposition R durch Drehen im Leerlauf während der durch den Parameter V60 definierten Kühlzeit gekühlt (Schritt S22). Dies wird durch das Programm P22 abgewickelt.

Insbesondere wenn das Werkstück aus rostfreiem Stahlplatten oder anderen wärmebeständigen Stählen hergestellt ist, wird der Bohrer 81 leicht erhitzt. Durch Kühlen des Bohrers 81 kann ein Brechen des Bohrers 81 durch die Hitze verhindert werden.

Als nächstes wird der Bohrer 81 schnell von der Rückkehrposition zu der Schneidbeginnsposition bewegt, d. h., der Position, die genau den Zwischenraum in Richtung der +Z-Achse von der Grenzposition P2 (unten als die "Zwischenraumposition" bezeichnet) (Schritt S23). Dies wird durch das Programm P23 abgewickelt.

Danach wird der Bohrer zum Schneiden mit der durch den Parameter V32 definierten Vorschubgeschwindigkeit im Schneidbereich 2 und um eine durch den Parameter V36 definierte Schnitttiefe vorgeschoben (Schritt S25). Dies wird durch die Programme P23 bis P25 ausgeführt.

Als nächstes wird entschieden, ob der nicht geschnittene Teil des Schneidbereichs 2 größer als die durch den Parameter V37 definierte Schnitttiefe ist (Schritt S26). Dies wird durch das Programm P26 ausgeführt.

Wenn der nicht geschnittene Teil des Schneidbereichs 2 größer als die Schnitttiefe ist, wird entschieden, ob die augenblickliche Schneidposition (V50) des Bohrers 81 in dem Schneidbereich 2 liegt oder nicht (Schritt S30).

Wenn die augenblickliche Schneidposition in dem Schneidbereich 2 liegt, wird wieder auf Schritt S21 zurückgegangen und der obige Prozeß wird wiederholt.

Wenn die Schneidtiefenposition des Bohrers 81 außerhalb des Schneidbereichs 2 liegt, wird zum Bohren des Schneidbereichs 3 (Schritt S31) weitergegangen. Die Schritte S26

bis S31 werden durch die Programme P26 bis P28 ausgeführt.

Wenn in Schritt S26 der nicht geschnittene Teil des Schneidbereichs 2 kleiner als die durch den Parameter V37 definierte Schnitttiefe ist, wird der Bohrer 81 schnell zu der Rückkehrposition R bewegt, der Bohrer 81 wird schnell zu einer Position, die von der vorherigen Schnitttiefenposition genau den Zwischenraum in Richtung der +Z-Achse entfernt ist (unten als die "Zwischenraumposition" definiert) (Schritt S28), bewegt und der Bohrer 81 wird zum Schneiden zu der durch den Parameter V43 definierten Grenzposition P3 zwischen den Schneidbereichen 2 und 3 vorgeschoben (Schritt S29). Diese Schritte werden durch die Programme P29 bis P33 abgewickelt.

Der Bohrer 81 schneidet sukzessiv den Schneidbereich 2, während er sich entlang des in Fig. 9 gezeigten Weges bewegt.

Bearbeitung des Durchbohrungsbereichs (Schritt S104)

Im folgenden wird das Verfahren zum Bohren des Durchbohrungsbereichs unter Bezugnahme auf das in Fig. 13 gezeigte Ablaufdiagramm und das in Fig. 16 gezeigte NC-Programm erklärt.

Die Fig. 13 und 16 zeigen ein Ablaufdiagramm und ein NC-Programm zum Bohren des Schneidbereichs 3.

Der Bohrer 81 wird an der Grenzposition P3 zwischen den Schneidbereichen 2 und 3 positioniert, wenn das Bohren des Schneidbereichs 2 beendet ist.

Zuerst wird der Bohrer 81 in diesem Zustand schnell zu der durch den Parameter V40 definierten Rückkehrposition R bewegt (Schritt S41). Dies wird durch das Programm P41 durchgeführt.

Als nächstes wird der Bohrer 81 durch Drehen im Leerlauf für eine vorbestimmte Zeit gekühlt (Schritt S42), dann wird die Drehgeschwindigkeit (rpm) des Bohrers 81 (Spindel) geändert (Schritt S43). Dies wird durch die Programme P43 und P44 ausgeführt.

Speziell z. B. unter den obigen Schneidbedingungen wird die Geschwindigkeit von 10.000 rpm auf 5.000 rpm vermindert.

Der Grund für die Verminderung der Drehgeschwindigkeit des Bohrers 81 in dem Schneidbereich 3 liegt darin, daß verhindert wird, daß der Bohrer 81 aus der Mitte des Lochs verschoben wird und bricht, wenn der Durchmesser des Bohrers 81 kleiner als z. B. 0,5 mm ist.

Als nächstes wird der Bohrer 81 dazu veranlaßt, für eine vorbestimmte Zeit zu warten, bis die Drehgeschwindigkeit der Spindel stabil wird (Schritt S45), dann wird der Bohrer 81 schnell zu der Zwischenraumposition bewegt, d. h., der Position, die genau einen Zwischenraum in Richtung der +Z-Achse von der Grenzposition P3 zwischen den Schneidbereichen 2 und 3 liegt (Schritt S48). Dies wird durch das Programm P48 durchgeführt.

Als nächstes wird der Bohrer 81 zum Schneiden um eine durch den Parameter V38 definierte Schnitttiefe im Schneidbereich 3 und mit einer durch den Parameter V34 definierten Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden bewegt (Schritt S48). Dies wird durch die Programme P49 und P50 ausgeführt.

Als nächstes wird entschieden, ob der nicht geschnittene Teil (der verbleibende Teil) des Schneidbereichs 3 größer als eine durch den Parameter V38 definierte Schnitttiefe ist (Schritt S49). Dies wird durch das Programm P51 ausgeführt.

Wenn der nicht geschnittene Teil des Schneidbereichs größer als eine Schnitttiefe ist, wird entschieden, ob die gegenwärtige Schneidposition (V50) die Schneidtiefenendpo-

sition E erreicht hat (Schritt S55).

Wenn der Bohrer die Position E nicht erreicht hat, wird der Bohrer **81** schnell zu der Rückkehrposition R bewegt (Schritt S56), der Bohrer **81** wird für eine vorbestimmte Zeit gekühlt (Schritt S57), es wird zu Schritt S46 zurückgegangen und der obige Prozeß wird wiederholt. Dies wird von den Programmen P52, P53, P46 und P47 abgewickelt.

Wenn die Schneidtiefenposition des Bohrers **81** die Schneidtiefenendposition E erreicht hat, wird der Bohrer **81** schnell zu der Schneidbeginnsposition P1 bewegt (Schritt S53) und das Programm wird beendet (Schritt S54). Dies wird durch die Programme P58 und P59 ausgeführt.

Wenn in Schritt S49 der nicht geschnittene Teil des Schneidbereichs 3 kleiner als eine Schnittiefe ist, wird der Bohrer **81** schnell zu der Rückkehrposition R bewegt (Schritt S50), der Bohrer **81** wird zu der Zwischenraumsposition bewegt (Schritt S51) und zum Schneiden zu der Schneidtiefenendposition E bewegt (Schritt S52). Dies wird durch die Programme P54 bis P58 ausgeführt.

Der Bohrer **81** schneidet sukzessive den Schneidbereich 3 während er sich entlang des in Fig. 9 gezeigten Weges bewegt. Als Ergebnis wird das Bohren des Durchgangslochs beendet.

Gemäß der vorliegenden Ausführungsform ist es möglich, verschiedene Schneidbedingungen für die Schneidbereiche 1 bis 3, d. h. den Anfangsbereich, den Innenbereich und den Durchbohrungsbereich mittels der Schneidbedingungsfestlegungs-/speicherinheit 5 festzulegen und daher das Bohren mit einem Bohrer kleinen Durchmessers in geeigneter Weise durchzuführen.

Weiter ist es nach der NC-Vorrichtung 1 der vorliegenden Ausführungsform beim Bohren mit einem Bohrer kleinen Durchmessers nicht notwendig, das NC-Programm speziell für die Bohrung zu erstellen, so daß es möglich wird, schnell die Bohrung durchzuführen.

Weiterhin wird es nach der vorliegenden Ausführungsform bei dem wiederholten Schneiden einer vorbestimmten Schnittiefe durch Setzen des Zwischenraums möglich, die Wechselwirkung zwischen dem Loch und dem Bohrer **81** zu unterdrücken und als ein Ergebnis wird es möglich, das Brechen des Bohrers **81** zu vermeiden, auch wenn der Bohrer **81** einen kleinen Durchmesser aufweist.

Weiter wird nach der vorliegenden Ausführungsform bei wiederholtem Schneiden einer vorbestimmten Schnittiefe in den Schneidbereichen 2 und 3 des Innenbereichs und des Durchbohrungsbereichs der Bohrer **81** schnell zu der Rückkehrposition R bewegt und für eine vorbestimmte Zeit gekühlt, so daß es möglich wird, das Brechen des Bohrers **81** durch Hitze zu verhindern. Dies ist besonders effektiv, wenn ein wärmebeständiger Stahl gebohrt wird.

Weiter ist es nach der vorliegenden Ausführungsform in dem Schneidbereich 3 des Durchbohrungsbereichs möglich, die Drehgeschwindigkeit des Bohrers **81** von der der anderen Schneidbereiche 1 und 2 zu reduzieren, so daß es möglich wird, ein Brechen des Bohrers **81** zum Zeitpunkt des Durchdringens durch das Werkstück zu verhindern.

Man beachte, daß, während die vorliegende Ausführungsform in bezug auf ein Bearbeitungszentrum als Bohrmaschine erläutert wurde, die vorliegende Erfindung auch für eine beliebige andere NC-Werkzeugmaschine mit einer Spindel, an der ein Bohrer angebracht werden kann, angewendet werden kann.

Weiter kann die vorliegende Erfindung auch nicht nur bei Allzweckwerkzeugmaschinen angewendet werden, sondern ebenso bei Spezialwerkzeugmaschinen nur für das Bohren.

Obwohl bei der vorliegenden Ausführungsform nur der Fall des Bohrens eines Durchgangslochs erläutert wurde, kann die vorliegende Erfindung weiterhin auf das Bohren ei-

nes Grundlochs, das nur den Anfangsbereich und den Innenbereich aufweist, angewendet werden.

Weiterhin kann die NC-Vorrichtung nach der vorliegenden Ausführungsform nicht nur zum Bohren mit Bohrer kleinen Durchmessers benutzt werden, sondern auch zum Bohren von Löchern großen Durchmessers und kann daher das Bohren eines weiten Bereichs von Durchmessern ausführen.

Patentansprüche

1. Steuervorrichtung für eine Bohrmaschine enthaltend:

eine Drehvorrichtung (19) zum Drehen eines Bohrers (81), eine Bewegungsvorrichtung (13, 52, 64, 67, 68, 70, 72, 73,), die veranlaßt, daß der Bohrer (81) relativ zu einem Werkstück (W) bewegt wird,

eine Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung (5) zur Festlegung mehrerer Schneidbereiche eines Lochs (105) entsprechend einer Tiefe des Lochs und zum Festlegen von Schneidbedingungen unabhängig für jeden Schneidbereich und

eine Steuereinrichtung (3) zur Steuerung der Dreheinrichtung und der Bewegungsvorrichtung entsprechend den Schneidbedingungen.

2. Steuervorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung (5) aufweist:

eine Schneidbereichsfestlegungseinrichtung (21) zum Festlegen mehrerer Schneidbereiche entsprechend der Tiefe des Lochs,

eine Festlegungseinrichtung (22) für die Vorschubgeschwindigkeiten beim Schneiden zum Setzen der Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers (81) beim Schneiden unabhängig für jeden Schneidbereich,

eine Festlegungseinrichtung (23) für die Vorschubgeschwindigkeit ohne Schneiden zum Festlegen der Vorschubgeschwindigkeiten des Bohrers (81) unabhängig für jeden Schneidbereich,

eine Schnittiefenfestlegungseinrichtung (24) zum Festlegen einer Schnittiefe unabhängig für jeden Schneidbereich, eine Einrichtung (26) zur Festlegung von Wechselwirkungsvermeidungsbedingungen und zur Verhinderung von Wechselwirkungen zwischen dem Bohrer (18) und dem Loch, wenn nach dem Schneiden einer vorbestimmten Schnittiefe erneut in das Werkstück geschnitten wird, und

eine Bohrerdrehgeschwindigkeitsfestlegungseinrichtung (28) zum Festlegen einer Drehgeschwindigkeit des Bohrers (81) unabhängig für jeden Schneidbereich.

3. Steuervorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung (5) weiterhin eine Kühlbedingungsfestlegungseinrichtung (27) zum Festlegen von Kühlbedingungen, um durch das Schneiden in dem Bohrer (81) erzeugte Wärme abzuführen, wenn der Bohrer aus dem Loch bewegt wird, aufweist.

4. Steuervorrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbedingungsfestlegungseinrichtung (5) weiterhin eine Spindelanzlaufzeitfestlegungseinrichtung (29) zum Festlegen einer Zeitspanne, während der der Bohrer (81) ohne Schneiden wartet, bis die Drehgeschwindigkeit der Spindel (82) eine gewünschte Drehgeschwindigkeit erreicht.

5. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Schneidbereichsfestlegungseinrichtung (5) von der Seite des Werk-

stücks, auf der sich der Bohrer (81) befindet, in Richtung des Lochs in dem Werkstück einen Anfangsbereich, einen Innenbereich und einen Durchbohrungsbereich entsprechend der Tiefe des Lochs definiert.

6. Steuervorrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtung (26) zur Festlegung von Wechselwirkungsvermeidungsbedingungen einen Zwischenraum zwischen der vorherigen Schneidtiefenposition und der augenblicklichen Schneidbeginnposition festlegt.

7. Steuervorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlbedingungsfestlegungseinrichtung (27) eine Wartezeit festlegt, während der der Bohrer (81), nachdem er während des Schneidens der mehreren Schneidbereiche aus dem Loch bewegt wurde, wartet.

8. Bohrverfahren enthaltend die Schritte:

Aufteilen eines in einem Werkstück zu bohrenden Lochs in die Schneidbereiche Anfangsbereich, Innenbereich und Durchbohrungsbereich und Festlegen von Schneidbedingungen unabhängig für jeden Schneidbereich,

Schneiden des Anfangsbereichs auf der Basis der Schneidbedingungen für den Anfangsbereich,

Schneiden des Innenbereichs auf der Basis der Schneidbedingungen für den Innenbereich und

Schneiden des Durchbohrungsbereichs auf der Basis der Schneidbedingungen für den Durchbohrungsbereich.

9. Bohrverfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Aufteilens des Lochs und des Setzen von Schneidbedingungen einen Schritt enthält, in dem wenigstens eine der Größen Schnittiefe des Bohrers, Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers beim Schneiden, Drehgeschwindigkeit des Bohrers und Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers ohne Schneiden für jeden Schneidbereich unabhängig festgelegt wird.

10. Bohrverfahren nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß einer der Schritte wenigstens einen der Schritte Beginnen des Schneidens mit dem Bohrer bei einer Position, die von einer vorhergehenden Schnittiefenposition einen vorbestimmten Abstand entfernt ist, beim Bohren des Lochs durch mehrfaches Schneiden einer vorbestimmten Schnittiefe und

Bewegen des Bohrers aus dem Loch nach dem Schneiden einer vorbestimmten Schnittiefe und Kühlen des Bohrers durch Drehen im Leerlauf für eine vorbestimmte Zeit aufweist.

11. Bohrverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Schneidens des Durchbohrungsbereichs einen Schritt der Verminderung der Drehgeschwindigkeit des Bohrers von der in den Schritten des Schneidens des Anfangs- und des Innenbereichs aufweist.

12. Bohrverfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Festlegens von Schneidbedingungen einen Schritt enthält, in dem für jeden Schneidbereich unabhängig mindestens eine der Größen Schnittiefe des Bohrers Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers (81) beim Schneiden, Drehgeschwindigkeit des Bohrers und Vorschubgeschwindigkeit des Bohrers ohne Schneiden festgelegt werden.

13. Bohrverfahren, das durch ein NC-Programm in einer NC-Vorrichtung ausgeführt wird, enthaltend die Schritte: Bestimmen der die Schneidbereiche eines Lochs in einem Werkstück definierenden Parameter und der Schneidbedingungen für jeden Schneidbereich

in dem NC-Programm, und Ausführen des NC-Programms in der NC-Vorrichtung zur Durchführung des Schneidens in jedem Schneidbereich.

Hierzu 15 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

FIG.1A

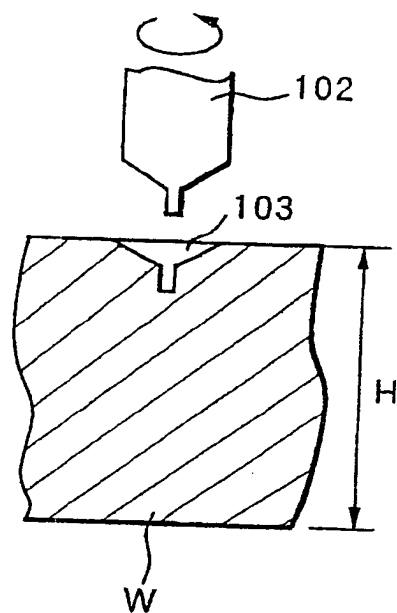


FIG.1B

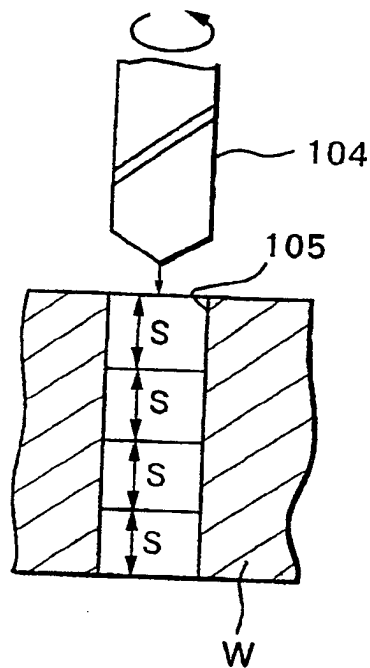


Fig. 2

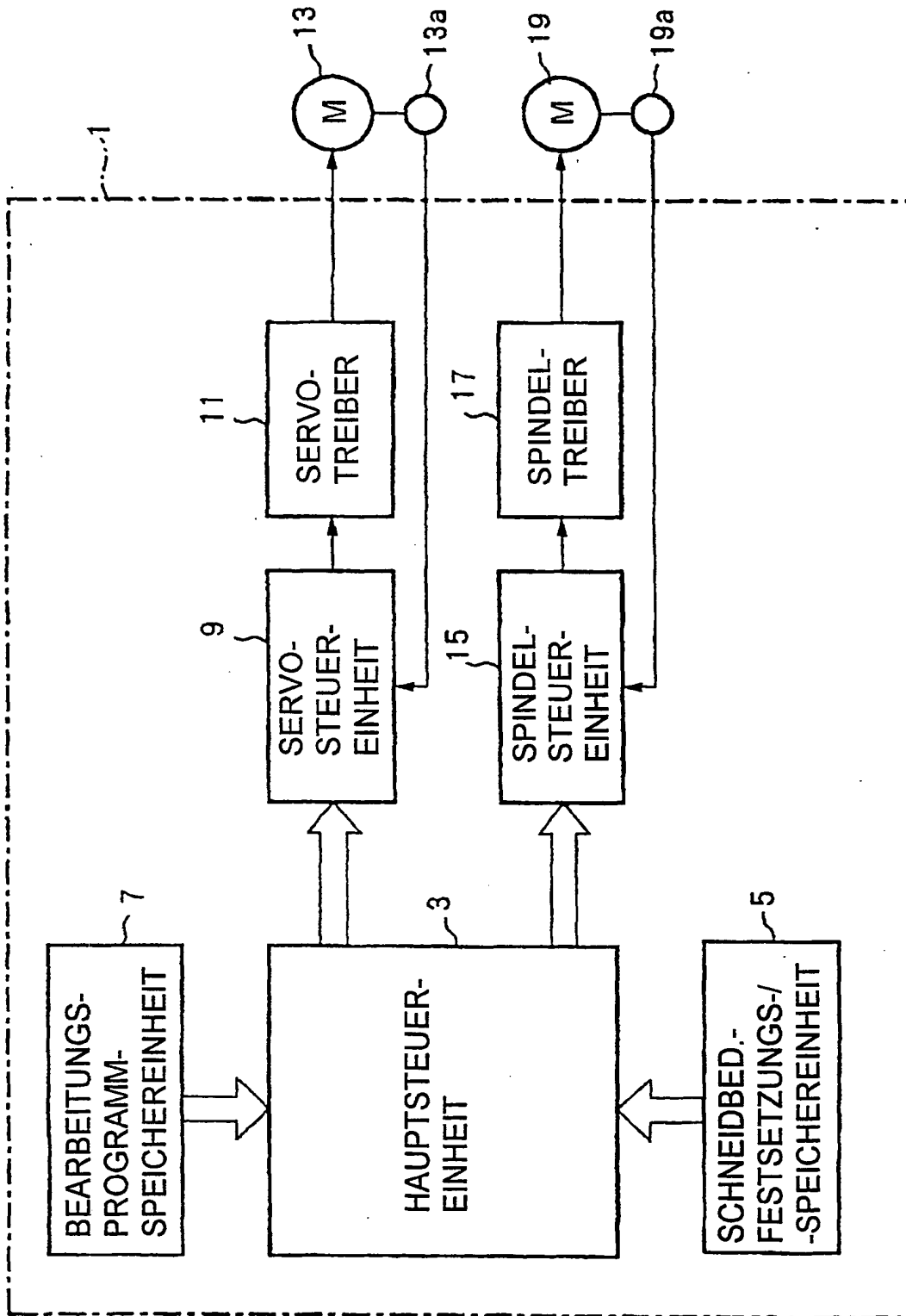


FIG. 3

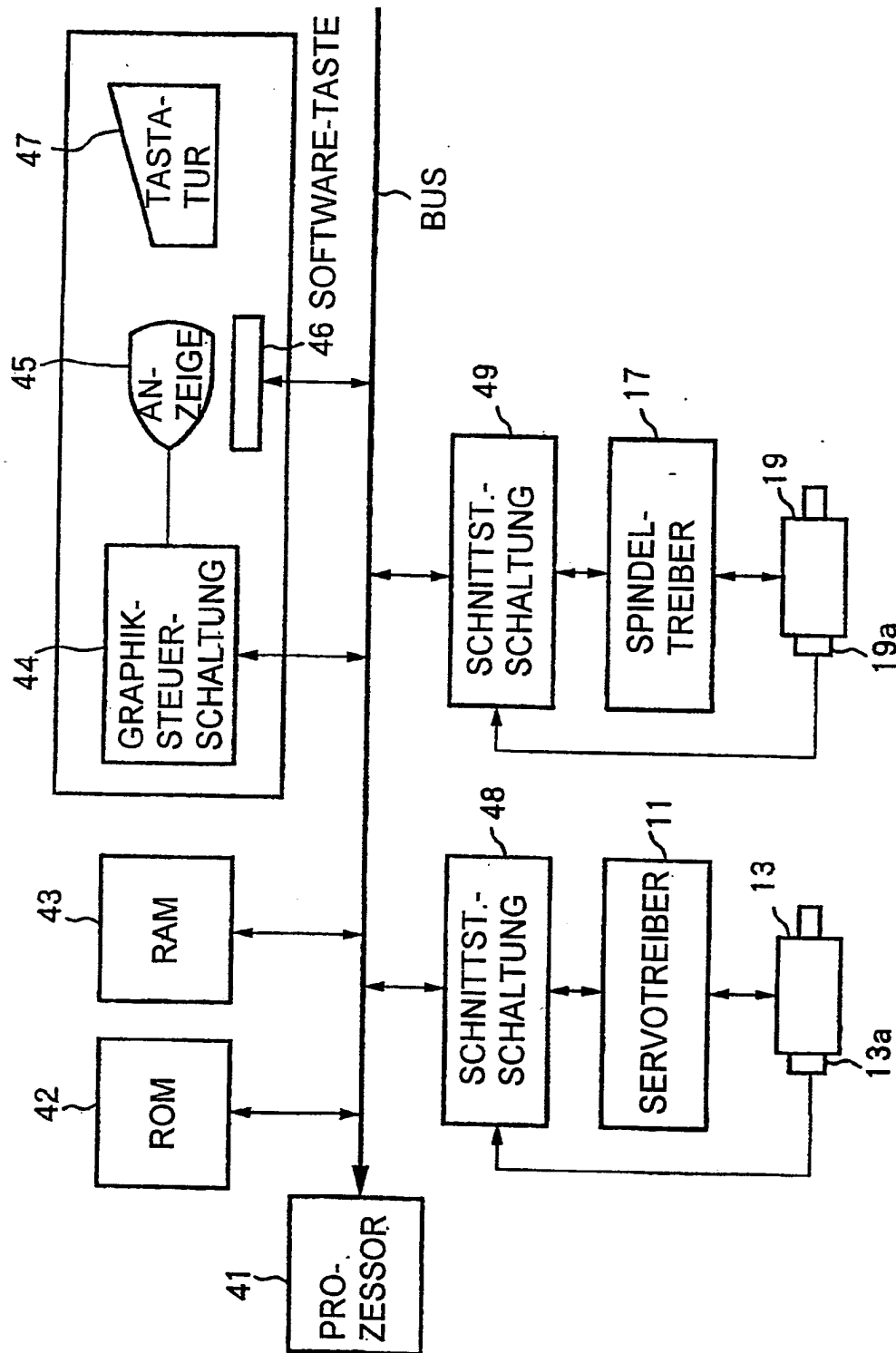


FIG.4

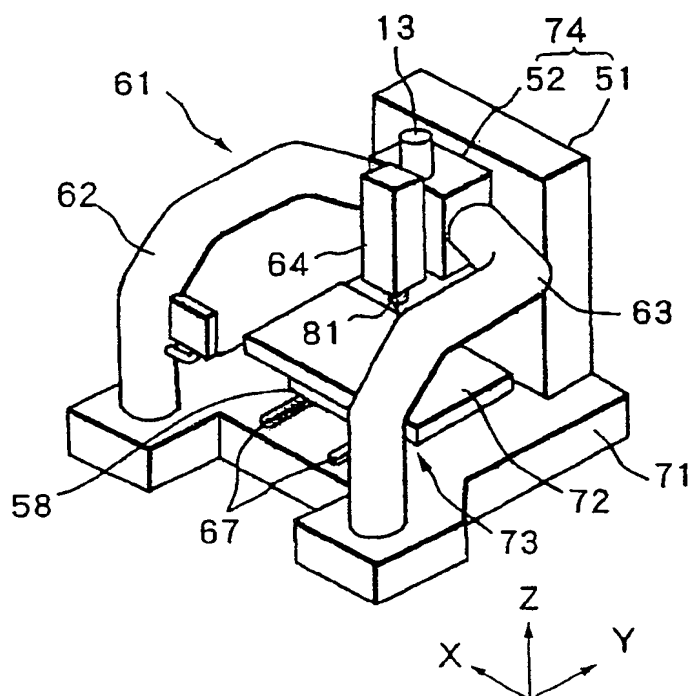


FIG.5

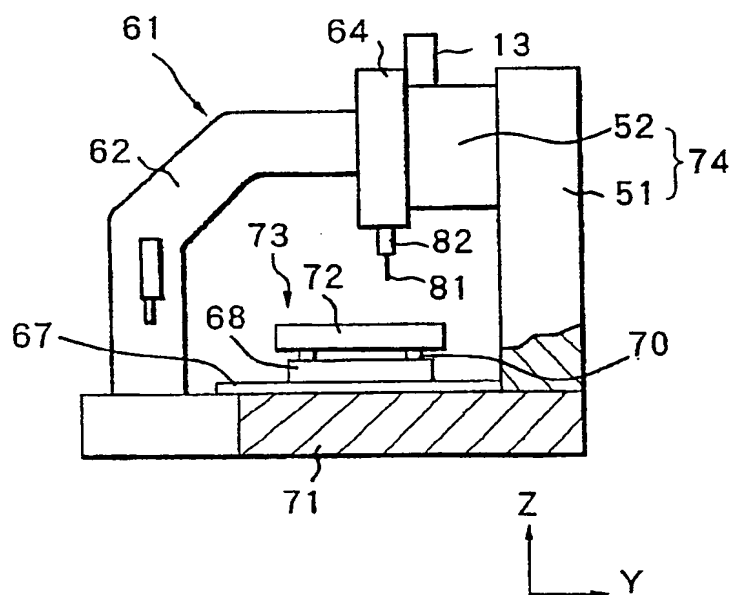


FIG. 6

5 SCHNEIDBEDINGUNGSFEST- LEGUNGS-/SPEICHEREINHEIT

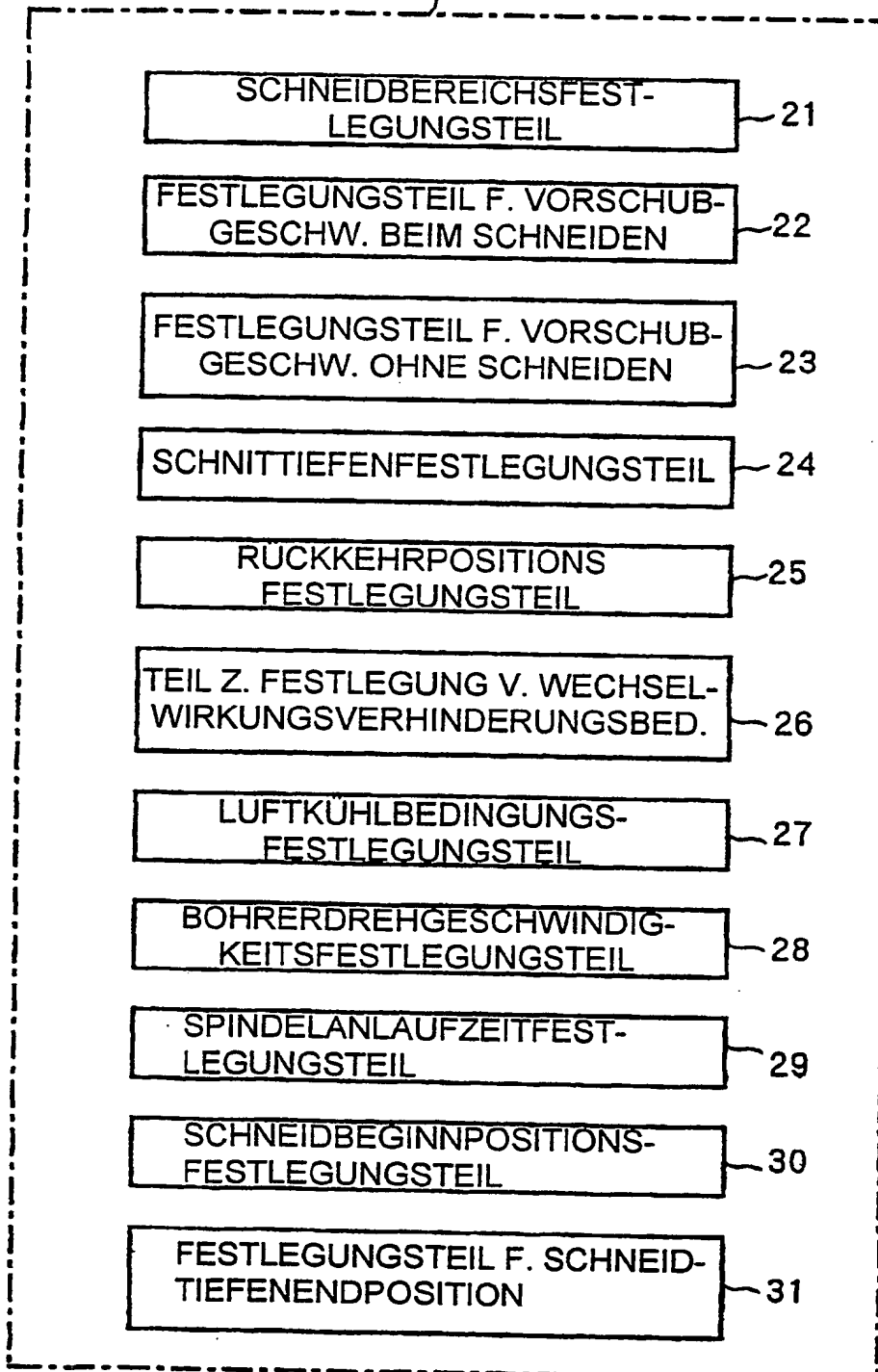


FIG. 7

Bezeichnung d. Parameter	Inhalt	Einheit	Schneid- bereich
V35 (500)	Schnelle Vorschubgeschwindigkeit	mm/min	
V41 (0.1)	Zwischenraum	mm	
V39 (0.5)	Position bei Programmbeginn		
V40 (3)	Rückkehrposition	mm	
V51 (10000)	Spindeldrehgeschwindigkeit für Bereich 1, 2	rpm	
V53 (5000)	Spindeldrehgeschwindigkeit für Bereich 3	rpm	
V54 (0.5)	Koeffizient zur Bestimmung von V53 aus V51		
V60 (1)	Verweilzeit (Kühlen des Bohrers)	s	
V52 (12)	Verweilzeit (Wartezeit für die Stabilisierung der Spindeldrehgeschwindigkeit)	s	1
V37 (0.01)	Eine Schnitttiefe im Bereich 1	mm	
V33 (5)	Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden im Bereich 1	mm/min	
V42 (-0.25)	Position für den Wechsel der Schneidbedingungen zwischen Bereich 1 und 2		
V36 (0.01)	Eine Schnitttiefe im Bereich 2	mm	2
V32 (7)	Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden im Bereich 2	mm/min	
V43 (-0.95)	Position für den Wechsel der Schneidbedingungen zwischen Bereich 2 und 3	mm	3
V38 (0.01)	Eine Schnitttiefe im Bereich 3	mm	
V34 (3)	Vorschubgeschwindigkeit beim Schneiden im Bereich 3	mm/min	
V45 (-1.3)	Schneidtiefenendposition	mm	

FIG. 8A
SCHNEIDBEREICH 1

FIG. 8B
SCHNEIDBEREICH 2

FIG. 8C
SCHNEIDBEREICH 3

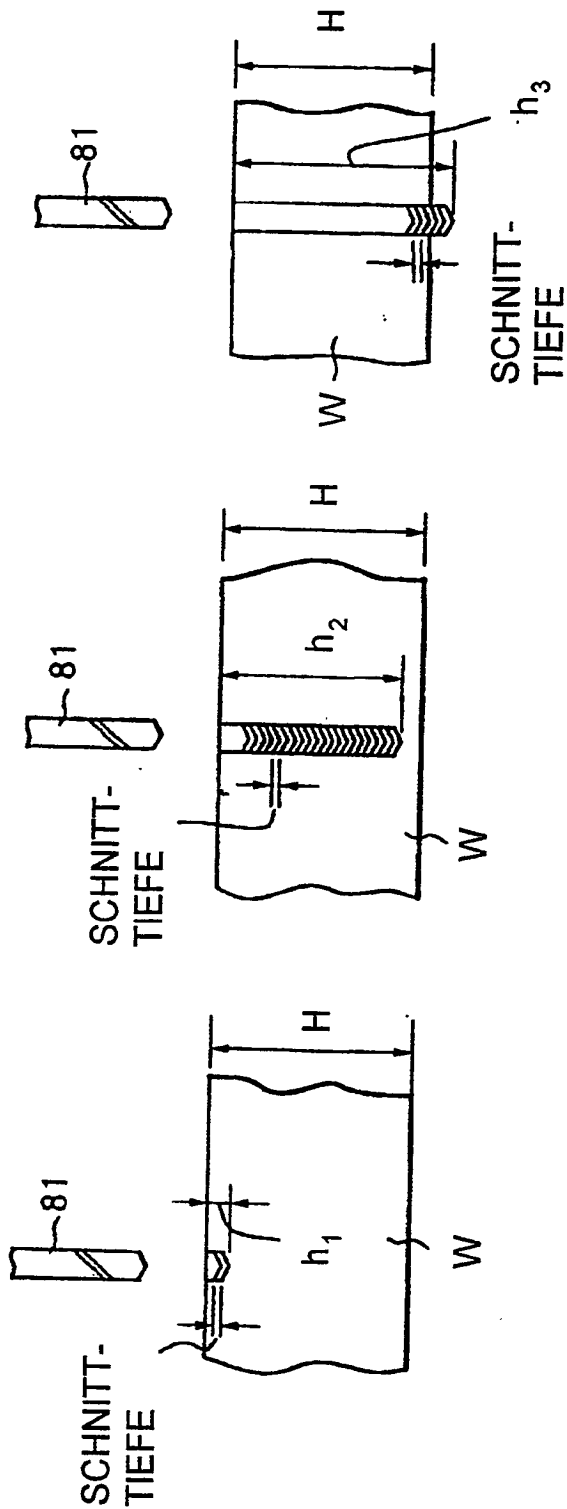


FIG.9

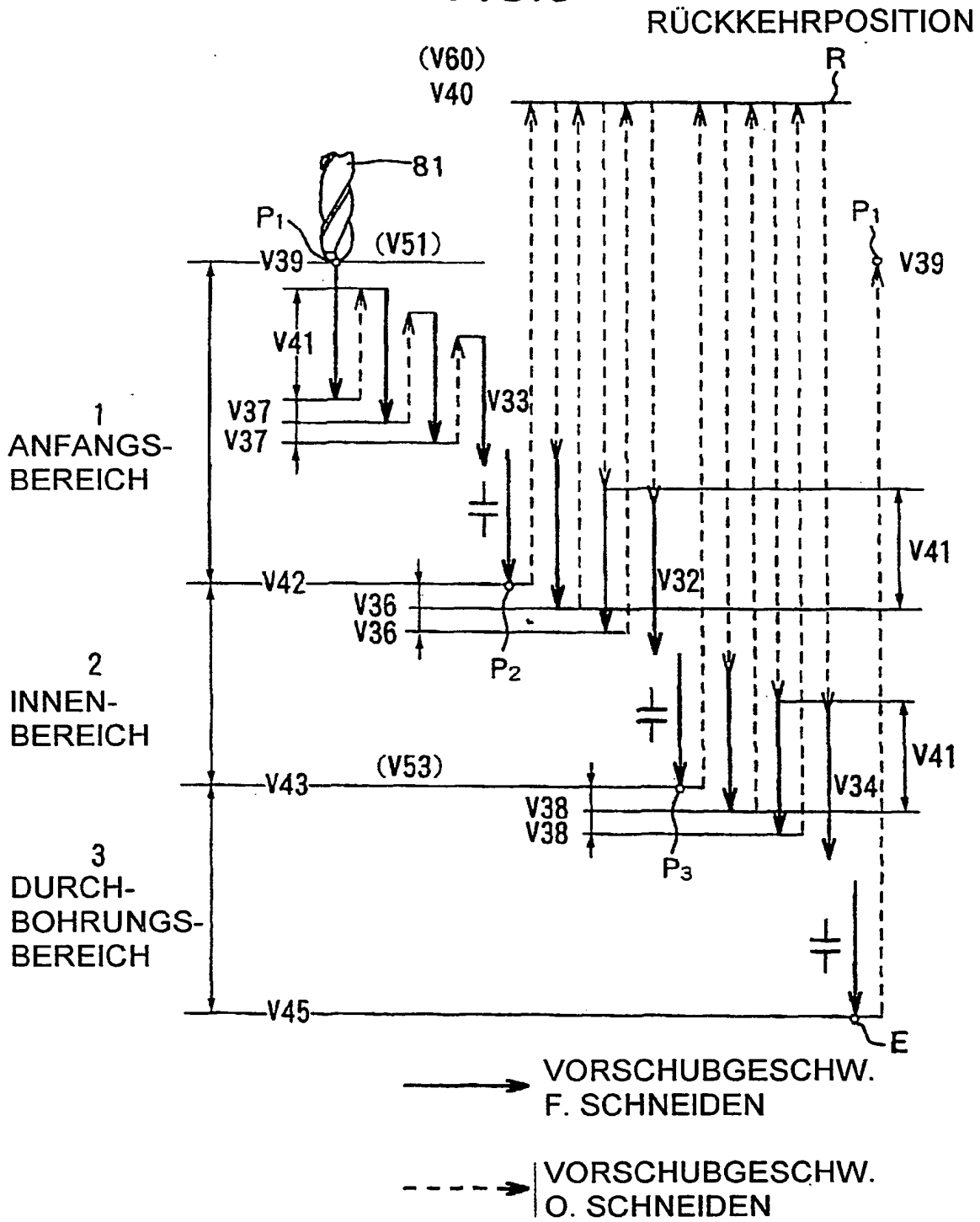


FIG. 10

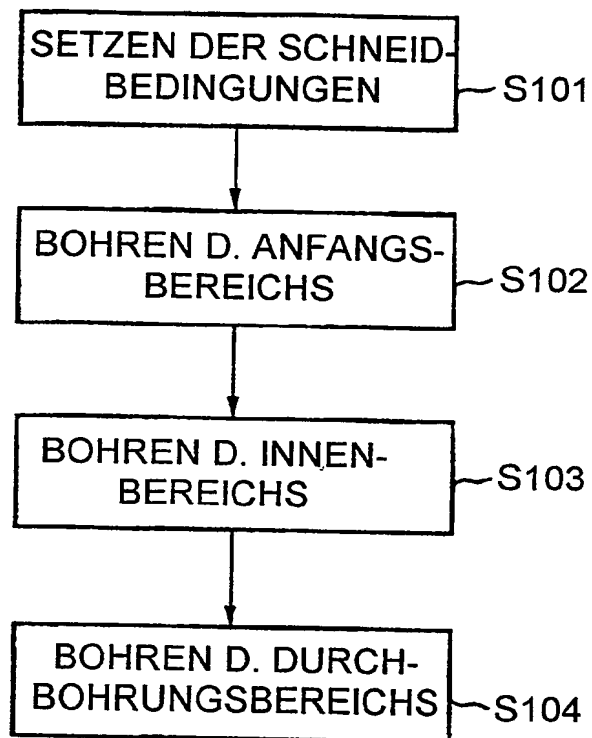


FIG. 11

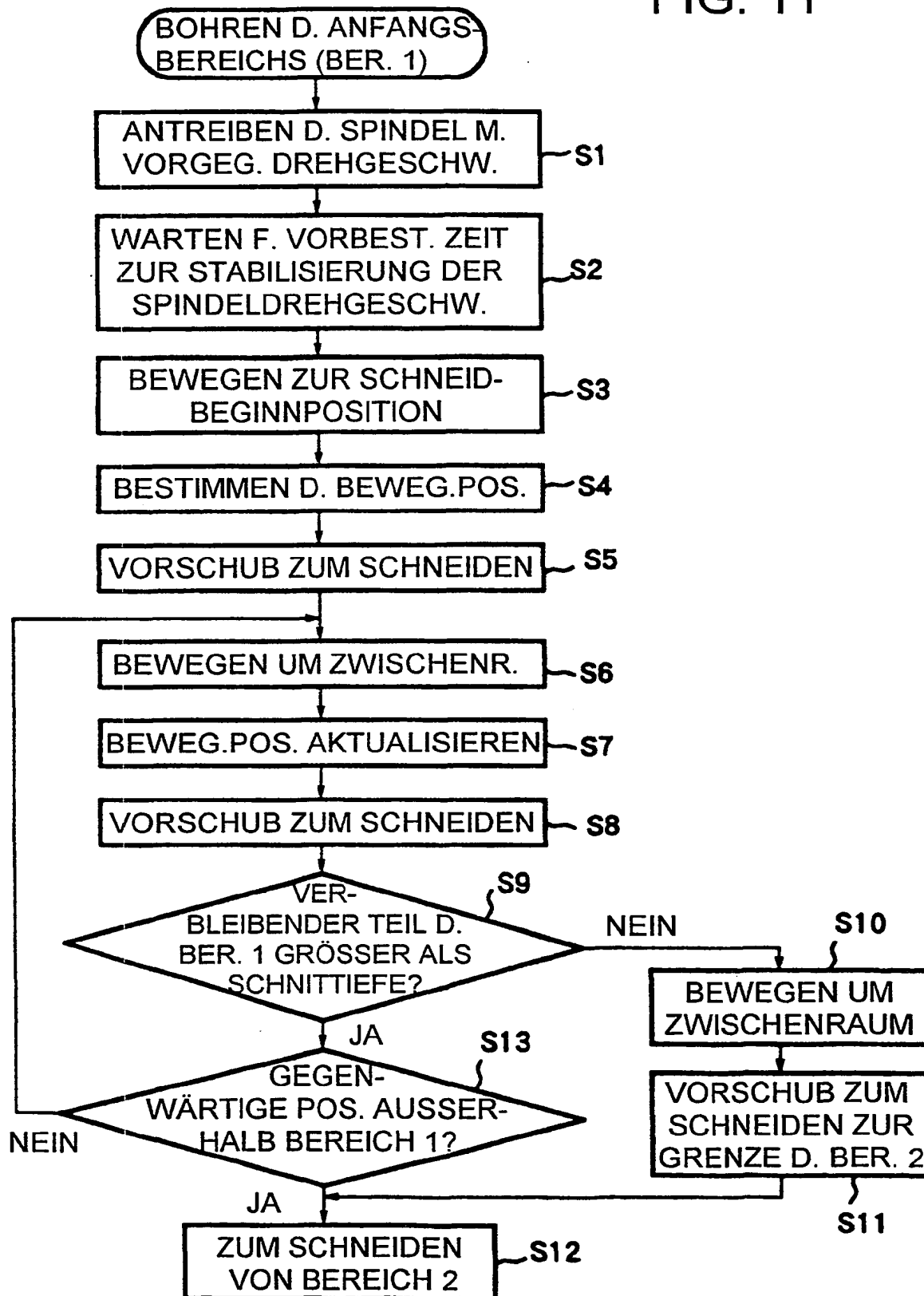


FIG. 12

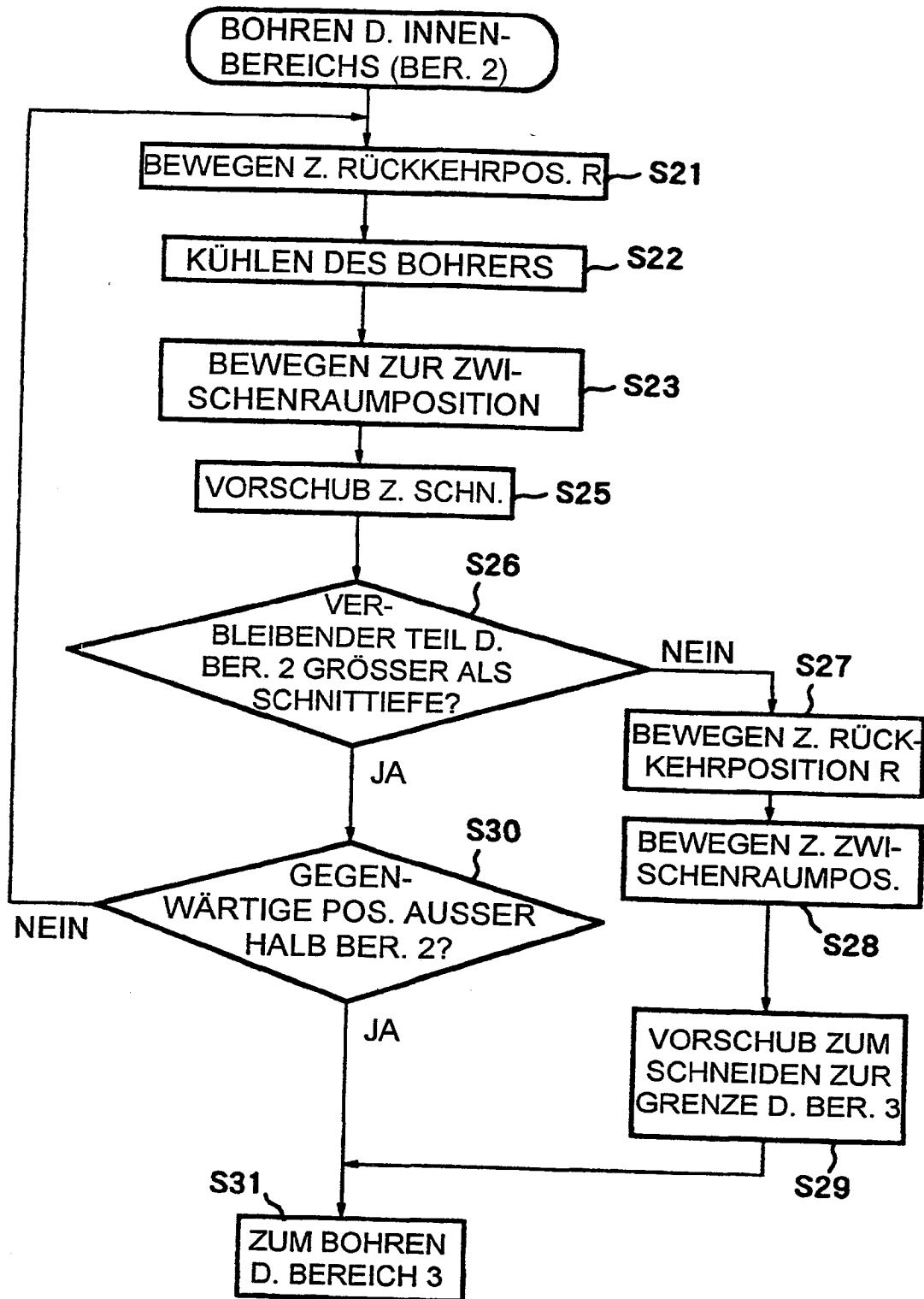


FIG. 13

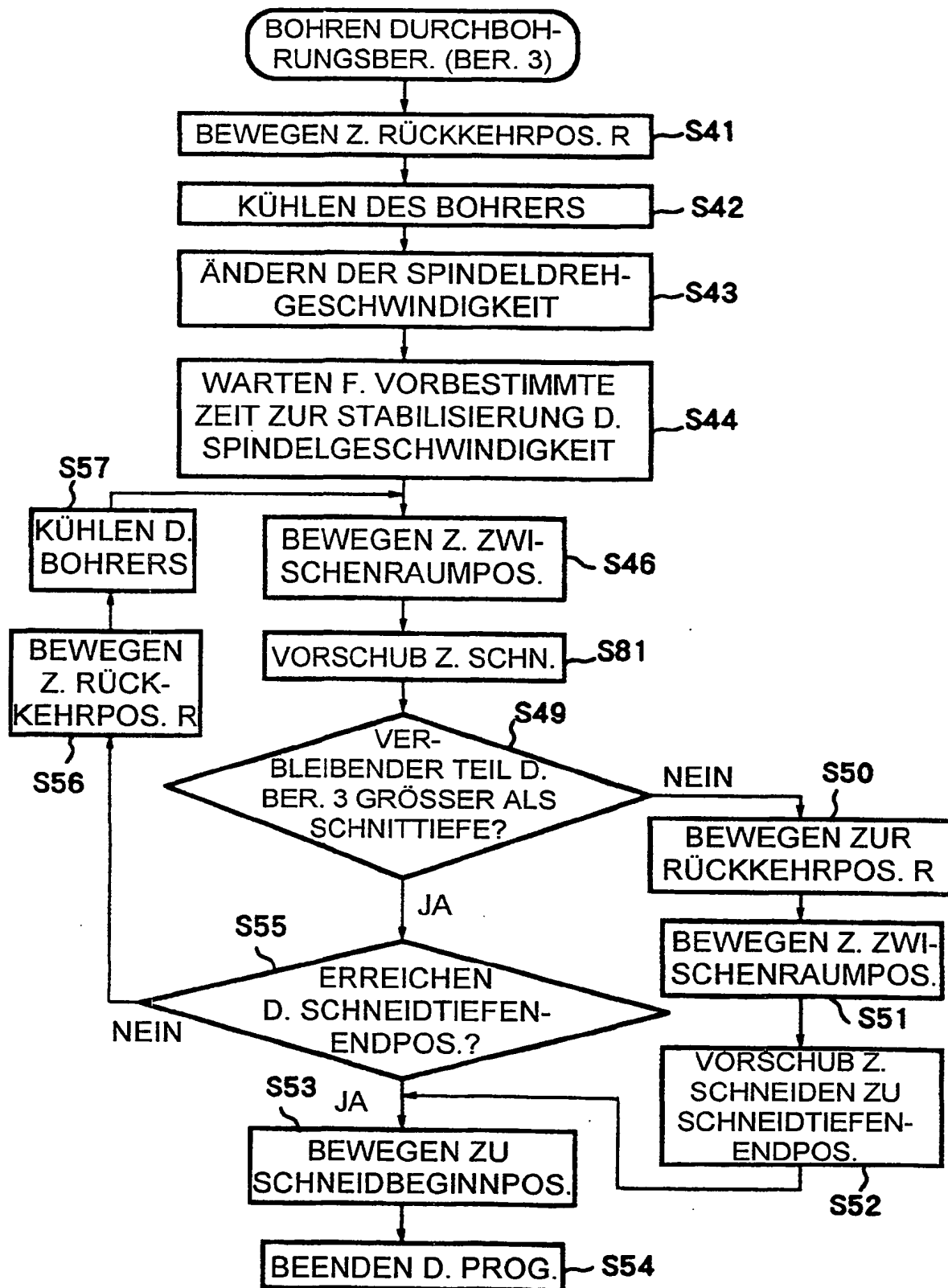


FIG.14

	S [V51]	— P 1
	GO4P [V52]	— P 2
	G90G1Z [V52] F [V35]	— P 3
	[V50 = 0]	— P 4
	[V50 = V39 - V41 - V37]	— P 5
	Z [V50] F [V33]	— P 6
N10		
	Z [V50 + V41] F [V35]	— P 7
	[V50 = V50 - V37]	— P 8
	Z [V50] F [V33]	— P 9
	[1F, [V50 - V42], LE, V37, G0, 11]	— P10
	[1F, V50, LE, V42, G0, 20]	— P11
	[G0, -10]	— P12
N10	Z [V50 + V41] F [V35]	— P13
	Z [V42] F [V33]	— P14
	[V50 = V42]	— P15
	[G0, 20]	— P16

FIG.15

N20	G1Z [V40] F [V35]	—— P21
	G04P [V60]	—— P22
	[V50 + V41]	—— P23
	[V50 = V50 - V36]	—— P24
	Z [V50] F [V32]	—— P25
	[1F, [V50 - V43], LF, V36, G0, 21]	—— P26
	[1F, V50, LE, V43, G0, 30]	—— P27
	[G0, -20]	—— P28
N21	Z [V40] F [V35]	—— P29
	Z [V50 + V41]	—— P30
	Z [V43] F [V32]	—— P31
	[V50 = V43]	—— P32
	[G0, 30]	—— P33

FIG.16

	G1Z [V40] F [V35]	— P41
	[V60]	— P42
	[V53 = V51 * V54]	— P43
	S [V53]	— P44
	G04P [V52]	— P45
N31	Z [V40] F [V35]	— P46
	G04P [V60]	— P47
	Z [V50 + V41]	— P48
	[V50 = V50 - V38]	— P49
	Z [V50] F [V34]	— P50
	[1F, [V50 - V45], LE, V38, G0, 32]	— P51
	[1F, V50, LE, V45, G0, 40]	— P52
	[G0, - 31]	— P53
N32	Z [V40] F [V35]	— P54
	Z [V50 + V41]	— P55
	Z [V45] F [V34]	— P56
	[G0, 40]	— P57
N40	Z [V39] F [V35]	— P58
N999	Z M02	— P59